

ISSN 2226-910X

Вестник

*Воронежского
государственного*
**УНИВЕРСИТЕТА
ИНЖЕНЕРНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**



2018

№

3

16+

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»



**ВЕСТНИК
ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**PROCEEDINGS
OF THE VORONEZH STATE
UNIVERSITY OF ENGINEERING
TECHNOLOGIES**

2018, Том. 80, № 3

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**ОСНОВАН В 1938 ГОДУ
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД**

**Воронеж
2018**

**Журнал включен в перечень изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией
Министерства образования и науки Российской Федерации
для опубликования диссертационных исследований**

Письмо о Перечне рецензируемых научных изданий от 01.12.2015 г. № 13-6518 (<http://goo.gl/VX8jf5>)

Материалы журнала размещаются в

БД РИНЦ (www.elibrary.ru/title_about.asp?id=32905) л/д №6-01/2014 от 22.01.14г
БД AGRIS [ФАО ООН] (<http://agris.fao.org>) – выборочно,
ЭБС Лань (<https://e.lanbook.com/journal/2217>) л/д №09/09 от 09.09.13г
ЭБС IPRbooks л/д №894/15 от 20.11.15г
ЭБ КиберЛенинка (<https://goo.gl/xNY2jK>) л/д №56/31604-01 от 27.09.16г
БД ВИНТИ РАН
НИС Соционет (<https://socionet.ru/collection.xml?h=spz:neicon:vestnik-vsuet>)
БД Directory of Open Access Journals (DOAJ) (<https://goo.gl/Gldy7L>)
БД Open Access scholarly Resources (ROAD) (<https://goo.gl/HQEuOJ>)
The European Library (TEL) (<http://www.theeuropeanlibrary.org/tel4/search?query=2226-910X>)
БД AcademicKeys (<https://goo.gl/7f7nRO>)
Research Bible (<http://journalseeker.researchbib.com/view/issn/2226-910X>)
БД EBSCO Publishing (<http://search.ebscohost.com>)

В журнале представлены статьи по следующим научным специальностям:

05.18.00 – Технология продовольственных товаров;
05.13.00 – Информатика, вычислительная техника;
05.17.00 – Химическая технология;
08.00.00 – Экономические науки

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА

Председатель (Главный редактор):

ЧЕРТОВ ЕВГЕНИЙ ДМИТРИЕВИЧ доктор технических наук, профессор, ректор, зав. кафедрой технической механики, почетный работник высшего профессионального образования РФ, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

Заместитель председателя (Зам. главного редактора):

АНТИПОВ СЕРГЕЙ ТИХОНОВИЧ доктор технических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования РФ, заслуженный изобретатель РФ, проректор по научной и инновационной деятельности, зав. кафедрой машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

Chairman (Editor-in-chief):

CHERTOV EVGENY D. Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector, Head of the Department of Technical Mechanics, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Voronezh state university of engineering technologies (Voronezh, Russia)

Vice-chairman:

ANTIPOV SERGEY T. Doctor of Technical Sciences, professor, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, honored inventor of the Russian Federation, Vice Rector for scientific and innovative activity, Head of the Department of machines and equipment for the food industry, Voronezh state university of engineering technologies (Voronezh, Russia)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ РУБРИК

Процессы и аппараты пищевых производств

ОСТРИКОВ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ (гл. ред.) доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, зав. кафедрой технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

АЛЕКСЕЕВ ГЕННАДИЙ ВАЛЕНТИНОВИЧ доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. (г. Санкт-Петербург, Россия)

АНТИПОВ СЕРГЕЙ ТИХОНОВИЧ доктор технических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования РФ, заслуженный изобретатель РФ, проректор по научной и инновационной деятельности; зав. кафедрой машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

БРЕДИХИН СЕРГЕЙ АЛЕКСЕЕВИЧ доктор технических наук, профессор, кафедра процессы и аппараты перерабатывающих производств, Российский государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева (Москва, Россия)

ВАСИЛЕНКО ВИТАЛИЙ НИКОЛАЕВИЧ доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, декан технологического факультета, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

OSTRIKOV ALEKSANDR NIKOLAEVICH doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of Russia, Head of Department Technology of fats, processes and equipment of chemical and food production, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

ALEKSEEV GENNADY VALENTINOVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology of Fats, Processes and Apparatuses for Chemical and Food Production, St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics. (Saint-Petersburg, Russia)

ANTIPOV SERGEI TIKHONOVICH Honored Inventor of the Russian Federation, Doctor of Technical. Sciences, Professor, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, honored inventor of the Russian Federation, Vice Rector for scientific and innovative activity, Head of the Department of machines and equipment for the food industry, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

BREDIKHIN SERGEY ALEKSEEVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Processes and Apparatuses of Processing Industries, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after them. K.A. Timiryazev (Moscow, Russia)

VASILENKO VITALII NIKOLAEVICH doctor of Technical Sciences, prof., Professor of the Department of Fats technology, processes and apparatuses of chemical and food industries, the Dean of the Technology Faculty, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

ДРАННИКОВ АЛЕКСЕЙ ВИКТОРОВИЧ доктор технических наук, доцент, профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств, декан факультета пищевых машин и автоматов, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

АХМЕДОВ МАГОМЕД ЭМИНОВИЧ доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой товароведения и экспертизы, Дагестанский государственный технический университет (Махачкала, Россия)

ПАНФИЛОВ ВИКТОР АЛЕКСАНДРОВИЧ доктор технических наук, профессор, академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, почетный работник высшего профессионального образования РФ, профессор кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (Москва, Россия)

ШЕВЦОВ АЛЕКСАНДР АНАТОЛЬЕВИЧ доктор технических наук, профессор, заслуженный изобретатель РФ, профессор кафедры общепрофессиональных дисциплин, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (Воронеж, Россия)

ПРЕЙС ВЛАДИМИР ВИКТОРОВИЧ доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой технологические системы пищевых, полиграфических и упаковочных производств Тульский государственный университет, Политехнический институт, (Тула, Россия)

МАКСИМЕНКО ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ доктор технических наук, доцент, доцент кафедры технологические машины и оборудование, Астраханский государственный технический университет (Астрахань, Россия)

DRANNIKOV ALEKSEJ VIKTOROVICH Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Machines and Apparatuses of Food Production, Dean of the Faculty of Food Machines and Automata, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

AHMEDOV MAGOMED EMINOVICH doctor of technical sciences, professor, head. Department of Commodity Science and Expertise, Dagestan State Technical University (Makhachkala, Russia)

PANFILOV VIKTOR ALEKSANDROVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of RAS, Honored Worker of Science of the Russian Federation, Honored Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Professor of the Department Processes and Apparatuses of Processing Industries, Russian State Agrarian University -Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev (Moscow, Russia)

SHEVTCOV ALEKSANDR ANATOLEVICH doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Inventor of the Russian Federation, Professor of General Professional Disciplines, Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin (Voronezh, Russia)

PRICE VLADIMIR VIKTOROVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technological Systems of Food, Printing and Packaging Production Tula State University, Polytechnic Institute, (Tula, Russia)

MAKSIMENKO YURI ALEKSANDROVICH Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Technological Machines and Equipment, Astrakhan State Technical University (Astrakhan, Russia)

Информационные технологии, моделирование и управление

БИТЮКОВ ВИТАЛИЙ КСЕНОФОНТОВИЧ (гл. ред.) доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

БУГАЕВ ЮРИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры информационных технологий моделирования и управления, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ВИНЧЕНЦО СТОРНЕЛЛИ профессор, профессор кафедры электроники, Университет Л'Аквила (Аквила, Италия)

КУЗЬМИЦКИЙ ИОСИФ ФЕЛИЦИАНОВИЧ кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автоматизации производственных процессов и электротехники, Белорусский государственный технологический университет (Минск, Беларусь)

МАТВЕЙКИН ВАЛЕРИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ доктор технических наук, профессор, зам. генерального директора ОАО «Корпорация «Росхимзащита», профессор кафедры информационных процессов и управления Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

МЕНЬШУТИНА НАТАЛЬЯ ВАСИЛЬЕВНА доктор технических наук, профессор, профессор кафедры кибернетика химико-технологических процессов Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева (Москва, Россия)

МУРОМЦЕВ ДМИТРИЙ ЮРЬЕВИЧ доктор технических наук, профессор, проректор по научно-инновационной деятельности, профессор кафедры конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

СКРЫПНИКОВ АЛЕКСЕЙ ВАСИЛЬЕВИЧ доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой информационной безопасности, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

BITIUKOV VITALII KSENOFONTOVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of Russia, Professor of the Department of Information and Control Systems, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

BUGAEV IURIY VLADIMIROVICH doctor of Physical and Mathematical Sciences, prof., Professor of the Department of Information Technologies of Modeling and Management, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

VINCENZO STORNELLI Professor, Professor of the Department of Electronics, University of L'Aquila (L'Aquila, Italy)

KUZMITCKII IOSIF FELICIANOVICH Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of automation of industrial processes and electrical engineering, Belarusian State Technological University (Minsk, Belarus)

MATVEYKIN VALERIY GRIGORYEVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy. General Director, Roskhimzashchita Corporation, Professor, Department of Information Processes and Management, Tambov State Technical University (Tambov, Russia) h-index = 6

MENSHUTINA NATALYA VASILIEVNA Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Cybernetics of Chemical Engineering Processes The Russian Chemical and Technological University

MUROMTSEV DMITRY YURYEVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Scientific and Innovation Activities, Professor of the Department of Design of Radioelectronic and Microprocessor Systems Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

SKRYPNIKOV ALEKSEJ VASILEVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Information Security, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

TIKHOMIROV SERGEI GERMANOVICH doctor of Technical Sciences, prof., Professor of the Department of Information and Control Systems, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

ТИХОМИРОВ СЕРГЕЙ ГЕРМАНОВИЧ доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ХАУСТОВ ИГОРЬ АНАТОЛЬЕВИЧ доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ХВОСТОВ АНАТОЛИЙ АНАТОЛЬЕВИЧ доктор технических наук, профессор, профессор кафедры общепрофессиональных дисциплин, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (Воронеж, Россия)

KHAUSTOV IGOR ANATOLEVICH Candidate of Technical Sciences, associate professor, Head of the Department of Information and Control Systems, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

KHVOSTOV ANATOLII ANATOLEVICH doctor of Technical Sciences, professor, Professor of General Professional Disciplines, Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin (Voronezh, Russia)

Пищевая биотехнология

АНТИПОВА ЛЮДМИЛА ВАСИЛЬЕВНА (гл. ред.) доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

АГАФОНОВ ГЕННАДИЙ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

АКСЕНОВА ЛАРИСА МИХАЙЛОВНА доктор технических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник ВНИИ кондитерской промышленности (Москва, Россия)

ВИКТОРОВА ЕЛЕНА ПАВЛОВНА доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной и инновационной деятельности Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции (Краснодар, Россия)

ГОЛУБЕВА ЛЮБОВЬ ВЛАДИМИРОВНА доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, профессор кафедры технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ДОНЧЕНКО ЛЮДМИЛА ВЛАДИМИРОВНА доктор технических наук, профессор, профессор ВАК, профессор кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина (Краснодар, Россия)

КУЛЬНЕВА НАДЕЖДА ГРИГОРЬЕВНА доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ПОЛЯКОВ ВИКТОР АНТОНОВИЧ доктор технических наук, профессор, академик РАН, директор ФГБУН ВНИИ Пищевой биотехнологии (Москва, Россия)

ИЗТАЕВ АУЕЛБЕК доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии хлебопродуктов и перерабатывающих производств, директор НИИ пищевых технологий, Алматинский Технологический Университет (Алматы, Казахстан)

ЛИСИЦЫН АНДРЕЙ БОРИСОВИЧ доктор технических наук, профессор, академик РАН, лауреат Государственной премии РФ, директор ФГБНУ "ВНИИМП им. В.М. Горбатова" (Москва, Россия)

МАГОМЕДОВ ГАЗИБЕГ ОМАРОВИЧ доктор технических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования РФ, зав. кафедрой технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ПЕТРОВ АНДРЕЙ НИКОЛАЕВИЧ доктор технических наук, профессор, академик РАН, директор ФГБНУ ВНИИ Технологии консервирования (Видное, Московская обл., Россия)

ANTIPOVA LIUDMILA VASILEVNA doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Professor of the Department of technology of animal origin products, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

AGAFONOV GENNADI VIACHESLAVOVICH doctor of Technical Sciences, prof., Head of the Department of Technology of fermentation and sugar industries, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

AKSENOVA LARISA M. Doctor of Technical Sciences, professor, Academician-secretary of the Russian Academy of Agricultural Sciences, Chief research officer at the Research Institute of Confectionery Industry (Moscow, Russia)

VICTOROVA ELENA PAVLOVNA Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director for Scientific and Innovation Activities North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture and Wine, Krasnodar Research Institute of Storage and Processing of Agricultural Products (Krasnodar, Russia)

GOLUBEVA LIUBOV VLADIMIROVNA doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of the Higher School of Russia, Professor of the Department of technology of animal origin products, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

DONCHENKO LYUDMILA VLADIMIROVNA Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of VAK, Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Plant Production, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina (Krasnodar, Russia)

KULNEVA NADEZHDA GRIGOREVNA Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology of fermentation and sugar industries, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

POLYAKOV VIKTOR ANTONOVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the All-Russian Research Institute of Food Biotechnology (Moscow, Russia)

IZTAEV AUERBEK Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology of bakeries and processing industries, director of the Research Institute of Food Technologies, Almaty Technological University (Almaty, Kazakhstan)

LISITSYN ANDREI B. Doctor Of Technical Sciences, Professor, Academician Of The Russian Academy Of Sciences, Laureate Of The State Prize Of The Russian Federation, Director Of The All-Russian Research Institute Of Meat Industry Named After V. M. Gorbato. (Moscow, Russia)

MAGOMEDOV GAZIBEG OMAROVICH doctor of Technical Sciences, prof., Honored Worker of Higher Professional Education of the Russia, Head of the Department of Technology of bakery, confectionery, pasta and grain-processing industries, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

PETROV ANREJ NIKOLAEVICH Doctor of Technical Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the All-Russian Scientific Research Institute of Preserving Technology (Vidnoe, Moscow Region, Russia)

РОДИОНОВА НАТАЛЬЯ СЕРГЕЕВНА доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой сервиса и ресторанного бизнеса, декан факультета экономики и управления, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ХАТКО ЗУРЕТ НУРБИЕВНА доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Майкопский государственный технологический университет, (Майкоп, Россия)

RODIONOVA NATALIA SERGEEVNA Doctor of Technical Science, Prof., Head of the Department of service and restaurant business, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

KHATKO ZURET NURBIEVNA Doctor of Technical Sciences, associate professor, Head of the department of manufacturing technology and processing of agricultural products, Maikop State Technological University, (Maikop, Russia)

Химическая технология

КАРМАНОВА ОЛЬГА ВИКТОРОВНА (гл. ред.) доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой химии и химической технологии органических соединений и переработки полимеров, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ВАНИЕВ МАРАТ АБДУРАХМАНОВИЧ доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой химия и технология переработки эластомеров, Волгоградский государственный технический университет, кафедра химия и технология переработки эластомеров (Волгоград, Россия)

ДОРМЕКШИН ОЛЕГ БОРИСОВИЧ доктор технических наук, профессор, лауреат Премии Национальной академии наук Беларуси, отличник народного образования Республики Беларусь, проректор по научной работе, зав. кафедрой технологии неорганических веществ и общей химической технологии, Учреждение образования "Белорусский государственный технологический университет" (Минск, Беларусь)

КУЧМЕНКО ТАТЬЯНА АНАТОЛЬЕВНА доктор химических наук, профессор, профессор РАН, зав. кафедрой физической и аналитической химии, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ЛЮСОВА ЛЮДМИЛА РОМУАЛЬДОВНА доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой химии и технологии переработки эластомеров имени Ф.Ф. Кошелева, Московский технологический университет МИРЭА, Московский государственный университет тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

МОКШИНА НАДЕЖДА ЯКОВЛЕВНА доктор химических наук, доцент, доцент кафедры физики и химии, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (Воронеж, Россия)

НИКУЛИН СЕРГЕЙ САВВОИЧ доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии органического синтеза и высокомолекулярных соединений, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ПРОКОПЧУК НИКОЛАЙ РОМАНОВИЧ доктор химических наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, зав. кафедрой технологии нефтехимического синтеза и переработки полимеров, Учреждение образования "Белорусский государственный технологический университет" (Минск, Беларусь)

ПУГАЧЕВА ИННА НИКОЛАЕВНА доктор технических наук, доцент, профессор кафедры инженерной экологии, декан факультета экологии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

СУХАНОВ ПАВЕЛ ТИХОНОВИЧ доктор химических наук, профессор, проректор по учебной работе, профессор кафедры физической и аналитической химии, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ФРАНЧЕСКО ВЕЛЬО профессор, профессор кафедры теории развития химических процессов, Университет Л'Аквила (Аквила, Италия)

KARMANOVA OLGA VIKTOROVNA doctor of Technical Sciences, prof., Head of the Department of Chemistry and Chemical Technology of organic compounds and Polymers processing, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

VANIEV MARAT ABDURAKHMANOVICH Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head. Department of Chemistry and Technology of Elastomer Processing, Volgograd State Technical University, Department of Chemistry and Technology of Elastomer Processing (Volgograd, Russia)

DORMEKSHIN OLEG BORISOVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Laureate of the National Academy of Sciences of Belarus, Excellence in Public Education of the Republic of Belarus, Vice Rector for Research, head of the department of technology of inorganic substances and general chemical technology, Educational Establishment "Belarusian State Technological University" (Minsk, Belarus)

KUCHMENKO TATIANA ANATOLEVNA doctor of Chemical Sciences, Prof., Head of the Department of Physical and Analytical Chemistry, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

LYUSOVA LYUDMILA ROMUALDOVNA Doctor of Technical Sciences, Professor, Head. Department of Chemistry and Technology of Elastomers Processing named after F.F. Kosheleva, Moscow Technological University MIREA, Moscow State University of Fine Chemical Technologies. M.V. Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia)

MOKSHINA NADEZHDA IAKOVLEVNA doctor of Chemical Sciences, associate professor, Associate professor of the Department of Physics and Chemistry, Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin (Voronezh, Russia)

NIKULIN SERGEI SAVVOVICH doctor of Technical Sciences, prof., Professor of the Department of Technology of Organic Synthesis and macromolecular compounds, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

PROKOPCHUK NIKOLAI ROMANOVICH Doctor of Chemical Sciences, Professor corresponding member of National Academy of Sciences of Belarus, Head of the department of Technology of petrochemical synthesis and polymers processing, Educational Establishment "Belarusian State Technological University" (Minsk, Belarus)

PUGACHEVA INNA NIKOLAEVNA doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Environmental Engineering, Dean of the Faculty of Ecology and Chemical Technology, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

SUKHANOV PAVEL TIKHONOVICH doctor of Chemical Sciences, Professor, Vice-Rector for Academic Affairs; Professor of the Department of Physical and Analytical Chemistry, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

FRANCESCO VEGLIO Professor, Professor of the Department of Theory of Chemical Processes development, University of L'Aquila, (L'Aquila, Italy)

Экономика и управление

ХОРЕВ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ (гл. ред.) доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, зав. кафедрой экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

БАЛЫХИН МИХАИЛ ГРИГОРЬЕВИЧ доктор экономических наук, доцент, и.о. ректора, Московский государственный университет пищевых производств (Москва, Россия)

БЕЛЯЕВА ГАЛИНА ВИКТОРОВНА доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой бухгалтерского учета и бюджетирования, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

БОГОМОЛОВА ИРИНА ПЕТРОВНА доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой управления, организации производства и отраслевой экономики, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ВОРОНИН ВАЛЕРИЙ ПАВЛОВИЧ доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры теории экономики, товароведения и торговли, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ЗАКШЕВСКИЙ ВАСИЛИЙ ГЕОРГИЕВИЧ доктор экономических наук, профессор, академик РАН, почетный работник агропромышленного комплекса России, директор ФГБУ НИИЗОАПК ЦЧР России (Воронеж, Россия)

МЕРЗЛИКИНА ГАЛИНА СТЕПАНОВНА доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой экономики и управления, Волгоградский государственный технический университет (Волгоград, Россия)

МИТЯКОВ СЕРГЕЙ НИКОЛАЕВИЧ доктор физико-математических наук, профессор, директор института экономики и управления, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (Нижний Новгород, Россия)

МОРКОВИНА СВЕТЛАНА СЕРГЕЕВНА доктор экономических наук, профессор, проректор по науке и инновациям профессор кафедры Менеджмента и экономики предпринимательства, Кафедра экономики и финансов Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова (Воронеж, Россия)

САЛИКОВ ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

СИБИРСКАЯ ЕЛЕНА ВИКТОРОВНА доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры статистики, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова (Москва, Россия)

СОЛОПОВ ВЛАДИМИР АЛЕКСЕЕВИЧ доктор экономических наук, профессор, проректор по научной и инновационной работе Мичуринский государственный аграрный университет (Мичуринск, Россия)

KHOREV ALEKSANDR IVANOVICH Doctor of Economic Science, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Head of the Department of economic security and financial monitoring, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

BALYKHIN MIKHAIL GRIGORYEVICH doctor of economic sciences, associate professor, acting. Rector, Moscow State University of Food Production (Moscow, Russia)

BELIAEVA GALINA VIKTOROVNA Doctor of Economic Science, Professor, Head of the Department of Accounting and budgeting, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

BOGOMOLOVA IRINA PETROVNA Doctor of Economic Science, Professor, Head of the Department of management, organization of manufacture and branch economy, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

VORONIN VALERII PAVLOVICH Doctor of Economic Science, Professor, Professor of the Department of Economics Theory, commodity research and commerce, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

ZAKSHEVSKY VASILY GEORGIEVICH Doctor of Economics, Professor, Academician of the RAS, Honorary Worker of the Russian Agroindustrial Complex, Director of the "Research Institute of Economics and Organization of the Agro-Industrial Complex of the Central Black Earth Region of the Russian Federation" (Voronezh, Russia)

MERZLIKINA GALINA STEPANOVNA Doctor of economic sciences, professor, head. Department of Economics and Management, Volgograd State Technical University (Volgograd, Russia)

MITYAKOV SERGEY NIKOLAEVICH Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Director of the Institute of Economics and Management, Nizhny Novgorod State Technical University them. R.E. Alekseeva (Nizhny Novgorod, Russia)

MORKOVINA SVETLANA SERGEYEVNA Doctor of Economics, Professor, Vice-Rector for Science and Innovations, Professor of the Department of Management and Economics of Entrepreneurship, Department of Economics and Finance Voronezh State Forestry University. G.F. Morozova (Voronezh, Russia)

SALIKOV IURII ALEKSANDROVICH Doctor of Economic Science, Professor, Professor of the Department of economic security and financial monitoring, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

SIBIRSKAYA ELENA VIKTOROVNA Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Statistics, Russian Economic University. G.V. Plekhanov (Moscow, Russia)

SOLOPOV VLADIMIR ALEKSEEVICH Doctor of Economics, Professor, Pro-Rector for Scientific and Innovation Work Michurinsky State Agrarian University (Michurinsk, Russia)

Официальный сайт «Вестник ВГУИТ» www.vestnik-vsuet.ru

Подписной индекс издания в агентстве "Роспечать" 70927

Ответственный секретарь: ДЕРКАНОСОВА А.А. (эл. почта: post@vestnik-vsuet.ru)

Учредитель: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций: Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-56830 от 29 января 2014 г.

Адрес университета, редакции, издательства и отдела полиграфии ФГБОУ ВО «ВГУИТ»

394036, Воронеж, пр. Революции д.19 ауд.11

тел./факс: (473) 255-37-16

E-mail: post@vestnik-vsuet.ru

Сдано в набор 10.09.2018. Подписано в печать 24.09.2018

Выход в свет: 28.09.2018

Формат 70×100 1/8.

Усл. печ. л. 62,5 Тираж 1500 экз. Заказ.

Цена – свободная.

© ФГБОУ ВО

«Воронеж. гос. ун-т инж.
технол.», 2018

CONTENTS

PROCESSES AND APPARATUSES OF FOOD ENGINEERING

- Antipov S.T., Zhuravlev A.V., Marukhin A.S.** Operator modeling of resource-saving machine technology for the production of Ivan-tea
- Erlikhman V.N., Fatykhov Yu.A.** The account of water activity in the calculation of the rate of food product shrinkage
- Zheltoukhova E.Yu., Kondrashina E.D.** Development of resource-saving technology for the production of toilet soap base with a periodic indirect method from neutral fats
- Vasil'ev A.M., Machikhin S.A., Srtelyukhina A.N., Ryndin A.A.** Influence of geometry of corrugated base surface of working bodies on the sorting of grain mixes
- Golubeva O.A., Astramovich V.L.** Development of the combined method of blanching the stingray stellate
- Vasilenko V.N., Frolova L.N., Derkanosova A.A., Mikhailova N.A., Shchepkina A.A., Davydov A.M.** Software of the extrusion process abnormally viscous fluids methods of experiment planning
- Sharikov A.Yu., Stepanov V.I., Ivanov V.V., Polivanovskaya D.V., Amelyakina M.V.** Extrusion cooking of wet mixtures of wheat flour with carrot bagasse in technology of ready-to-eat products

INFORMATION TECHNOLOGIES, MODELLING AND CONTROL

- Khvostov A.A., Tikhomirov S.G., Khaustov I.A., Zhuravlev A.A., Karmanov A.V.** Matrix-graph model of the polymer materials destruction process
- Litvinov D.A.** Different ways of finding the feedback matrix for a linear dynamical system
- Emel'yanov A.E., Bitjukov V.K.** Development of simulation models for the study of systems with probabilistic interactions of elements
- Denisenko V.V.** Analysis of the queue buffer transmitting device through the channel multiple access with guaranteed delivery of packets
- Kustov A.I., Nikel' S.A.** A technique for controlling the course of surface processes involving adsorbed metal clusters in luminescent condensed media
- Akatov E.S., Orlovtsseva O.A., Postovaya E.A.** The development of the method for assessing the distribution of components in food
- Kubasov I.A., Mel'nikov A.V., Mal'tsev S.A., Narushev I.R.** Clustering of objects with poorly formalizable features based on a neural network in the form of Kohonen layers
- Kheylo A.Yu., Khaustov I.A., Rylev S.S.** Development of the software and hardware component of the geographic information system for monitoring the environmental friendliness of the airspace

FOOD BIOTECHNOLOGY

- Antipova L.V., Storublevtsev S.A., Getmanova A.A.** Collagen drinks for functional nutrition
- Valiulina D.F., Makarova N.V.** Comparative study of the antioxidant activity of popular tea brands from trade market
- Ovcharenko A.S., Rasulova E.A., Ivanova O.V., Velichko N.A.** Blended fruit and vegetable juices based on small-fruited apples, pumpkin, mountain ash and honey

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

- Антипов С.Т., Журавлев А.В., Марухин А.С.** Операторное моделирование ресурсосберегающей машинной технологии производства иван-чая
- Эрлихман В.Н., Фатыхов Ю.А.** Учет активности воды в расчетах скорости усушки пищевого продукта
- Желтоухова Е.Ю., Кондрашина Е.Д.** Разработка ресурсосберегающей технологии производства основы туалетного мыла периодическим косвенным методом из нейтральных жиров
- Васильев А.М., Мачихин С.А., Стрелюхина А.Н., Рындин А.А.** Влияние геометрии рифлений опорной поверхности рабочих органов на самосортирование зерновых смесей
- Голубева О.А., Астрамович В.Л.** Разработка комбинированного способа бланширования ската звездчатого
- Василенко В.Н., Фролова Л.Н., Дерканосова А.А., Михайлова Н.А., Щепкина А.А., Давыдов А.М.** Математическое обеспечение процесса экструдирования аномально-вязких сред методами планирования эксперимента
- Шариков А.Ю., Степанов В.И., Иванов В.В., Поливановская Д.В., Амеликина М.В.** Экструдирование смесей пшеницы и выжимок моркови повышенной влажности в технологии продуктов, готовых к употреблению

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ

- Хвостов А.А., Тихомиров С.Г., Хаустов И.А., Журавлев А.А., Карманов А.В.** Матрично-графовая модель процесса деструкции полимерных материалов
- Литвинов Д.А.** Различные способы поиска матрицы обратной связи для линейной динамической системы
- Емельянов А.Е., Битюков В.К.** Разработка имитационных моделей для исследования систем с вероятностными взаимодействиями элементов
- Денисенко В.В.** Анализ передачи данных по каналу множественного доступа в процессе промышленного ацетоксилирования
- Кустов А.И., Никель С.А.** Методика контроля протекания поверхностных процессов с участием адсорбированных металлических кластеров в люминесцирующих конденсированных средах
- Акатов Е.С., Орловцева О.А., Постовая Е.А.** Разработка методики оценки распределения компонентов в пищевых продуктах
- Кубасов И.А., Мельников А.В., Мальцев С.А., Нарусhev И.Р.** Кластеризация объектов со слабо формализуемыми признаками на основе нейронной сети в виде слоя Кохонена
- Хейло А.Ю., Хаустов И.А., Рылев С.С.** Разработка программно-технического компонента геоинформационной системы для мониторинга экологичности воздушного пространства

ПИЩЕВАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ

- Антипова Л.В., Сторублевцев С.А., Гетманова А.А.** Коллагенсодержащие напитки для функционального питания
- Валиулина Д.Ф., Макарова Н.В.** Сравнительное исследование антиоксидантной активности популярных марок чая из торговых сетей
- Овчаренко А.С., Расулова Е.А., Иванова О.В., Величко Н.А.** Купажированные плодовоовощные соки на основе мелкоплодных яблок, тыквы, рябины и меда

- Shorstkii I.A., Khudyakov D.A.** Influence of electrophysical treatment on oilseed crops structure with X-ray micro tomography application
- Dobriyan E.I., Il'ina A.M., Medvedeva T.A.** Increasing the biological value of the curd product
- Agafonov G.V., Chusov A.E., Zelen'kova A.V., Plotnikov V.E.** Effect of enzyme preparation Ceramics 6XMG on indicators of oat malt quality
- Droficheva N.V., Prichko T.G.** Functional food products with components of secondary raw materials of juice production
- Posokina N.E., Shishlova E.S., Zakharova A.I.** Influence of consortia of lactic acid microorganisms on the dynamics of active and titratable acidity at the main stage of fermentation of white cabbage
- Voitsekhovskaya A.A., Panova T.M., Yur'ev Yu.L.** On the possibility of using biologically active substances of aspen bark in brewing
- Touseef Hussain, Abrar Ahmad Khan** A combination of rapid and easy assays of biosurfactant producing bacterial strain isolated from automobiles repairing workshop in Aligarh
- Demchenko Yu.A., Tsikunib A.D.** Determination of heavy metals in sunflower seeds by atomic absorption spectroscopy based on fractional mineralization
- Bessarab O.V., Platonova T.F.** Usage of food additives for improvement the quality and safety of fruit canned food in metallic packaging
- Shentsova E.S., Kurchaeva E.E., Vostroilov A.V., Esaulova L.A.** Determination of technological parameters of the granulation of mixed fodders for young rabbits and the evaluation of their effectiveness
- Tohition B., Poznyakovskii V.M.** Biologically active complex multifactorial support of the central nervous system
- Korotkova A.M., Kvan O.V., Bykova L.A., Kudryavtseva O.S., Videneeva T.S., Vishnyakov A.I.** Comparative analysis of morpho-physiological features of *Triticum vulgare* sprouts after exposure to metal nanoparticles
- Egorova M.I., Rainik V.V., Mikhaleva I.S., Kretova Ya.A., Nikolaeva E.S.** Searching for formalized connections between the consumer properties of sugar and technological process parameters of its production
- Khusainov I.A., Kanarskii A.V.** Growth studies of *Leuconostoc mesenteroides* on corn biomass based substrates
- Murav'ev K.Yu., Barakova N.V.** Production of selenium-containing extracts from vegetable materials
- Dolmatov O.I., Sharshov A.S.** Study of the properties of the butter of a sweet tooth dessert with flavor components
- Dolmatov O.I., Sharshov A.S.** Technology of acid-bearing oil with phytocomponents
- Livinskaya S.A., Saitova M.E., Livinkii A.A.** Study of the relationship of size composition of buckwheat flour, presented in the trade networks of Moscow and their technological properties
- Bykov A.V., Kvan O.V., Sizentsova A.N., Mezhueva L.V., Rusyaeva M.L., Sizentsov Ya.A.** Development of the technology of receiving fodder products on the basis of ultrasonic impact on cellulose containing and fatty waste
- Belyaev A.G., Zaikina M.A., Kovalev A.E., P'yanikova E.A.** Study of the effect of narrow-leaved cypress extract on the properties of baking yeast
- Alimova D.S., Barakova N.V., Romanov V.A., Samodelkin E.A.** Application of low pentosan rye potable ethanol production
- Ivkova I.A., Skryabina O.V., Ryabkova D.S., Diner Yu.A., Petrova E.I.** Development of technology and research of quality of canned milk for regions with limited resources of natural raw milk
- Шорсткий И.А., Худяков Д.А.** Влияние электрофизической обработки на структуру масляных материалов с применением X-гау микротомографии
- Добриян Е.И., Ильина А.М., Медведева Т.А.** Повышение биологической ценности творожного продукта
- Агафонов Г.В., Чусова А.Е., Зеленкова А.В., Плотников В.Е.** Влияние ферментного препарата Церемикс 6XMG на показатели качества овсяного солода
- Дрофичева Н.В., Причко Т.Г.** Функциональные продукты питания с использованием компонентов вторичного сырья сокового производства
- Посокина Н.Е., Шишлова Е.С., Захарова А.И.** Влияние консорциумов молочнокислых микроорганизмов на динамику активной и титруемой кислотности на основном этапе ферментации белокочанной капусты
- Войцеховская А.А., Панова Т.М., Юрьев Ю.Л.** О возможности применения биологически активных веществ коры осины в пивоварении
- Touseef Hussain, Abrar Ahmad Khan** A combination of rapid and easy assays of biosurfactant producing bacterial strain isolated from automobiles repairing workshop in Aligarh
- Демченко Ю.А., Цикунб А.Д.** Определение тяжелых металлов в семенах подсолнечника атомно-абсорбционным методом на основе дробной минерализации
- Бессараб О.В., Платонова Т.Ф.** Использование пищевых добавок для повышения качества и безопасности фруктовых консервов в металлической упаковке
- Шенцова Е.С., Курчаева Е.Е., Востроиллов А.В., Есаулова Л.А.** Оптимизация процесса гранулирования комбикормов для молодняка кроликов и оценка их эффективности
- Тохириён Б., Позняковский В.М.** Специализированный продукт форме БАД для коррекции обменных нарушений нервной системы
- Короткова А.М., Кван О.В., Быкова Л.А., Кудрявцева О.С., Виденева Т.С., Вишняков А.И.** Сравнительный анализ морфобиологических особенностей проростков *Triticum vulgare* после воздействия наночастиц металлов
- Егорова М.И., Райник В.В., Михалева И.С., Кретова Я.А., Николаева Е.С.** Поиск формализованных связей между потребительскими свойствами сахара и параметрами технологического процесса его производства
- Хусайнов И.А., Канарский А.В.** Культивирование *Leuconostoc mesenteroides* на гидролизате биомассы кукурузы
- Муравьев К.Ю., Баракова Н.В.** Получение селенсодержащих экстрактов из растительного сырья
- Долматова О.И., Шаршов А.С.** Изучение свойств масла сладкосливочного десерта с вкусовыми компонентами
- Долматова О.И., Шаршов А.С.** Технология масла сладкосливочного с вкусовыми компонентами
- Ливинская С.А., Сaitова М.Э., Ливинский А.А.** Исследование взаимосвязи гранулометрического состава гречневой муки, представленной в торговых сетях г. Москва и их технологическими свойствами
- Быков А.В., Кван О.В., Сизенцов А.Н., Межуева Л.В., Русяева М.Л., Сизенцов Я.А.** Разработка технологии получения кормовых продуктов на основе ультразвукового воздействия на целлюлозосодержащие и жиросодержащие отходы
- Беляев А.Г., Заикина М.А., Ковалев А.Е., Пьяникова Э.А.** Исследование влияния экстракта кипрея узколистного на свойства хлебопекарных дрожжей
- Алимова Д.С., Баракова Н.В., Романов В.А., Самоделкин Е.А.** Применение низкопентозановой ржи в технологии этилового спирта
- Ивкова И.А., Скрыбина О.В., Рябкова Д.С., Динер Ю.А., Петрова Е.И.** Разработка технологии и исследования качества молочных консервов для регионов с ограниченными ресурсами натурального молочного сырья

- Mirgorodskaya A.G., Shkidyuk M.V., Matyukhina N.A., Don T.A.** Modern technologies for utilizing tobacco wastes
- Gnuchikh E.V., Shkidyuk M.V., Mirgorodskaya A.G.** Studies of innovative product – electronic system for nicotine delivery
- Lavrenova Z.I., Nazarova N.E.** Development of technology for the production of poultry products prophylactic purpose (smoked-baked galantine from chicken meat with Bulgarian pepper)
- Zav'yalov M.A., Kukhto V.A., Ilyukhina N.V., Kolokolova A.Yu.** Irradiation of biological objects using an ionization beam in order to inhibit conditionally pathogenic and pathogenic microflora of agricultural raw materials
- Matyukhina N.N.** Utilizing Doha tobacco for hookah blend production
- Gnuchikh E.V., Don T.A., Mirgorodskaya A.G.** Improvement of consumer characteristics and reduced toxicity of chewing tobacco when you use of flavors
- Merchina S.V., Pulcheroskaya L.P., Akhmetova V.V., Laishevtseva A.I.** Qualitative indicators of river fish with opisthorchiasis
- Lavrenova Z.I., Nazarova N.E.** Development of technology for the production of poultry prophylactic products (roll, baked from chicken meat with broccoli cabbage)
- 259 Миргородская А.Г., Шкидюк М.В., Матюхина Н.А., Дон Т.А.** Современные технологии использования табачных отходов
- 265 Гнучих Е.В., Шкидюк М.В., Миргородская А.Г.** Исследования инновационной продукции – электронных систем доставки никотина
- 272 Лавренова З.И., Назарова Н.Е.** Разработка технологии производства продуктов из мяса птицы профилактического назначения (копчено-запеченный галантин из мяса кур с болгарским перцем)
- 278 Завьялов М.А., Кухто В.А., Илюхина Н.В., Колоколова А.Ю.** Облучение биологических объектов с применением ионизационного пучка с целью ингибирования условно-патогенной и патогенной микрофлоры сельскохозяйственного сырья
- 283 Матюхина Н.Н.** Использование табачного сырья Доха для изготовления кальянных смесей
- 288 Гнучих Е.В., Дон Т.А., Миргородская А.Г.** Улучшение потребительских характеристик и снижение токсичности жевательного табака при использовании вкусоароматических добавок
- 298 Мерчина С.В., Пулчеровская Л.П., Ахметова В.В., Лаишевцев А.И.** Качественные показатели речной рыбы при поражении описторхозом
- 307 Лавренова З.И., Назарова Н.Е.** Разработка технологии производства продуктов из мяса птицы профилактического назначения (рулет, запеченный из мяса кур с капустой брокколи)

FUNDAMENTAL AND APPLIED CHEMISTRY, CHEMICAL TECHNOLOGY

- Cherunova I.V., Korinteli A.M., Stenikina M.P., Lesnikova T.Yu.** The influence of the marine environment on the properties of clothestextile materials for clothing
- Boyarintsev A.V., Maung Maung Aung, Khtet Je Aung, Stepanov S.I.** Aluminium leaching from red muds for their complexing reprocessing
- Sedykh V.A., Karmanova O.V., Koroleva E.V.** Modification of nitrile butadiene rubber at the stage of its allocation
- Mostovoi A.S., Nurtazina A.S., Kadykova Yu.A.** Epoxy composites with increased operational characteristics, filled with dispersed mineral fillers
- Gainullina L.R., Tutubalina V.P.** Research of thermal stability of the VG transformer oil in the presence of individual sulfides
- Yagubov V.S., Shchegol'kov A.V.** Self-regulating electric heater based on elastomer, modified with multilayer carbon nanotubes
- Cherunova I.V., Yakovleva E.V., Stefanova E.B., Kurenova I.V.** Investigation of industrial contamination of protective clothing at oil industry sector
- Protasov A.V., Studenikina L.N., Korchagin V.I., Akhmatova N.G., Rebrova Yu.A.** Assessment of destruction of polyethylene modified with pro-oxidants in the context of environmental safety
- Iovleva E.L.** Investigation of the quality of Arctic diesel fuel imported to the Republic of Sakha (Yakutia)
- Erofeeva N.V., Korchagin V.I., Protasov A.V.** Synthesis of Pro-oxidants based on waste oil and fat production
- 312 Черунова И.В., Коринтели А.М., Стенькина М.П., Лесникова Т.Ю.** Влияние морской среды на свойства текстильных материалов для одежды
- 317 Бояринцев А.В., Маунг Маунг Аунг, Хтет Ёе Аунг, Степанов С.И.** Извлечение алюминия при комплексной переработке красных шламов
- 323 Седых В.А., Карманова О.В., Королева Е.В.** Модификация бутадиен-нитрильного каучука на стадии его выделения
- 330 Мостовой А.С., Нуртазина А.С., Кадыкова Ю.А.** Эпоксидные композиты с повышенными эксплуатационными характеристиками, наполненные дисперсными минеральными наполнителями
- 336 Гайнуллина Л.Р., Тутубалина В.П.** Исследование термической стабильности трансформаторного масла ВГ в присутствии индивидуальных сульфидов
- 341 Ягубов В.С., Щегольков А.В.** Саморегулируемый электронагреватель на основе эластомера, модифицированный многослойными углеродными нанотрубками
- 346 Черунова И.В., Яковлева Е.В., Стефанова Е.Б., Куренова И.В.** Исследование производственных загрязнений спецодежды на объектах нефтяной отрасли
- 352 Протасов А.В., Студеникина Л.Н., Корчагин В.И., Ахматова Н.Г., Реброва Ю.А.** Оценка деградации модифицированного прооксидантами полиэтилена в контексте экобезопасности
- 358 Иовлева Е.Л.** Исследование качества арктического дизельного топлива привозимого в Республику Саха (Якутия)
- 362 Ерофеева Н.В., Корчагин В.И., Протасов А.В.** Синтез прооксидантов на основе отходов масложирового производства с использованием ультразвуковой технологии

- Khorev A.I., Gorkovenko E.V., Platonova I.V.** Economic security of the Central Black Earth region: assessment of the state and threats
- Bautin V.M., Dzakhmishcheva I.Sh., Akbasheva A.A.** The main directions of increase of efficiency of use of land resources in the Karachay-Cherkess republic
- Slin'kova N.V.** Analysis of the dynamics and trends of the Voronezh region GRP changes on the basis of the first order autoregressive model
- Nekrasova T.A.** The problems of optimization the quality of life in modern Russia through the prism of economic theory and practice
- Shageev D.A., Peregrimova I.M.** Methodic of development of coordinated management decisions of distribution of net profit at the enterprise
- Orekhov A.A., Kleimenov D.S., Kuznetsova E.D.** SWOT analysis as a tool for assessing the socio-economic development of municipalities
- Lukina O.O., Dudchak V.V.** Generalized indicator and classification structures of the capital of the industrial enterprises
- Turshatov M.V., Solov'ev A.O., Krivchenko V.A., Kononenko V.V.** Analysis of economic and technological factors affecting the efficiency of obtaining ethyl alcohol for chemical and fuel purposes
- Agibalov A.V., Zaporozhtseva L.A., Tkacheva Yu.V., Marysheva Yu.V.** The theoretical basis of economic potential reproduction of the corporation in the financial crisis conditions
- Gazhur A.A., Lukiyanichuk I.N.** Trends of development of the sphere of services in Russia
- Azarova N.A., Nebesnaya A.Yu., Sviridov A.S., Glagoleva L.E.** Analysis of human capital in the region as a source of import substitution
- Kudryavtseva N.N., Pakhomova Yu.V., Duvanova Yu.N.** Reorganization of mortgage divisions of PJSC VTB 24
- Zobova L.L., Evdokimova E.K.** Innovation environment in cross-border agglomerations
- Bogutskii V.A., Volkova A.G.** Formation and use of human potential of rural areas
- Sabetova T.V., Ponomarenko M.V.** Analysis and ranging of the factors of formation and development of innovative behaviour in organizations
- Vodyanenko O.I.** Institutional dysfunctions of social economy and ways of their overcoming
- Kislitsyna L.V., Krikun E.S., Suvorov N.S.** Corporate financing as a special process. The role of microlending in its organization
- 368 **Хорев А.И., Горковенко Е.В., Платонова И.В.** Экономическая безопасность Центрально-Черноземного региона: оценка состояния и угроз
- 377 **Баутин В.М., Дзахмишева И.Ш., Акбашева А.А.** Основные направления повышения эффективности использования земельных ресурсов в Карачаево-Черкесской республике
- 382 **Слинькова Н.В.** Анализ динамики и тенденций изменения ВРП Воронежской области на основе модели авторегрессии первого порядка
- 386 **Некрасова Т.А.** Проблематика оптимизации качества жизни в современной России сквозь призму экономической теории и практики
- 392 **Шагеев Д.А., Перегримова И.М.** Методика разработки согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли на предприятии
- 416 **Орехов А.А., Клейменов Д.С., Кузнецова Е.Д.** SWOT-анализ как инструмент оценки социально-экономического развития муниципальных образований
- 423 **Лукина О.О., Дудчак В.В.** Комплексный подход к развитию инновационной деятельности с учетом синергетического эффекта
- 429 **Туршатов М.В., Соловьев А.О., Кривченко В.А., Кононенко В.В.** Анализ экономических и технологических факторов, влияющих на эффективность получения этилового спирта для химических и топливных целей
- 435 **Агибалов А.В., Запорожцева Л.А., Ткачева Ю.В., Марышева Ю.В.** Теоретические основы воспроизводства экономического потенциала корпорации в условиях финансового кризиса
- 444 **Гажур А.А., Лукьяничук И.Н.** Тенденции развития сферы услуг в России
- 451 **Азарова Н.А., Небесная А.Ю., Свиридов А.С., Глаголева Л.Э.** Анализ человеческого капитала в регионе как источника процесса импортозамещения
- 458 **Кудрявцева Н.Н., Пахомова Ю.В., Дуванова Ю.Н.** Реорганизация ипотечных подразделений ПАО «ВТБ24»
- 463 **Зобова Л.Л., Евдокимова Е.К.** Инновационная среда в трансграничных агломерациях
- 471 **Богущий В.А., Волкова А.Г.** Формирование и использование человеческого потенциала сельских территорий
- 478 **Сабетова Т.В., Пономаренко М.В.** Анализ и ранжирование факторов формирования и развития инновационного поведения в организациях
- 489 **Водяненко О.И.** Институциональные дисфункции социальной экономики и пути их преодоления
- 494 **Кислицына Л.В., Крикун Е.С., Суворов Н.С.** Корпоративное финансирование как особый процесс. Роль микрокредитования в его организации

Процессы и аппараты пищевых производств

Оригинальная статья/Original article

УДК 663.033

DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-12-17>

Операторное моделирование ресурсосберегающей машинной технологии производства иван-чая

Сергей Т. Антипов	¹	ast@vsuet.ru
Алексей В. Журавлев	¹	alexjav2@mail.ru
Александр С. Марухин	¹	kintar0@yandex.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. В настоящее время любое производство стремится решить задачу по сбережению энергетических ресурсов и соответственно старается внедрять широкий спектр новых энергосберегающих машин, аппаратов и технологий. Исходя из этого очень актуальным является проведение исследований с целью дальнейшего совершенствования технологий и техники для производства иван-чая, разработки новых способов скручивания, ферментации и сушки, новых конструкций машин для скручивания листьев, ферментации и сушки. Для решения данной задачи необходимо обязательно учитывать ряд случайных факторов, это время для обслуживания, выход из строя за счет поломок отдельных устройств, время, требуемое для их предотвращения, а также ряд других факторов, которые влияют на эксплуатацию данного оборудования. Определяли оптимальное количество сушильных установок, установок для ферментации и установок для скручивания. Продолжительность сушки, ферментации и скручивания удовлетворяет технологическим требованиям (сушка не более 1-го часа, ферментация не более 12 часов, скручивание не менее 40 мин). Анализ результатов расчетов, показал, что при увеличении числа сушилок до 3 существенно снижает продолжительность сушки до 0,127 суток, что удовлетворяет технологическим условиям. При увеличении числа установок для ферментации до 3 существенно снижает продолжительность ферментации до 0,2113 суток. При увеличении числа установок для скручивания до 3 существенно снижает продолжительность скручивания до 0,0191 суток. Анализы расчетов по используемой методике хорошо сочетаются с данными практики по проектированию технологических систем и линий.

Ключевые слова: иван-чай, операторное моделирование, сушка, ферментация, скручивание

Operator modeling of resource-saving machine technology for the production of Ivan-tea

Sergei T. Antipov	¹	ast@vsuet.ru
Aleksei V. Zhuravlev	¹	alexjav2@mail.ru
Aleksandr S. Marukhin	¹	kintar0@yandex.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. Currently, any production seeks to solve the problem of saving energy resources and, accordingly, is trying to introduce a wide range of new energy-saving machines, devices and technologies. Based on this, it is very relevant to conduct research to further improve technologies and techniques for the production of willow tea, the development of new methods of twisting, fermentation and drying, new designs of machines for twisting leaves, fermentation and drying. To solve this problem, it is necessary to take into account a number of random factors, this is the time for maintenance, failure due to breakdowns of individual devices, the time required to prevent them, as well as a number of other factors that affect the operation of this equipment. Determined the optimal number of dryers, plants for fermentation and installations for twisting. The duration of drying, fermentation and twisting satisfies the technological requirements (drying no more than 1 hour, fermentation no more than 12 hours, twisting no less than 40 minutes). Analysis of the results of the calculations showed that with an increase in the number of dryers to 3, it significantly reduces the drying time to 0.127 days, which satisfies the technological conditions. With an increase in the number of installations for fermentation to 3, the duration of fermentation significantly decreases to 0.2113 days. With an increase in the number of installations for twisting to 3, the duration of twisting was significantly reduced to 0.0191 days. Analyzes of calculations according to the method used are well combined with data from practice in the design of technological systems and lines.

Keywords: ivan-tea, operator modeling, drying, fermentation, twisting

Введение

История распространения иван-чая (или кипрея узколистного) на территории России уходит корнями в глубь веков. Напиток из высушенных частей данного растения пользовался огромной популярностью еще задолго до появления кофе и индийского чая.

Кипрей узколистный растет фактически по всей территории современной России от Кубани до Заполярья. Иван-чай представляет собой высокое (до полутора метров) растение с заостренными листьями ланцетовидного типа [1–4].

Иван-чай имеет приятный, чуть терпкий вкус с душистым цветочно-ягодным ароматом. Листья иван-чая содержат от 10 до 22% дубильных веществ и до 15% слизи. В стебле растения преобладает большое количество витамина С (от 95 до 600 мг на 100 г. сырой листы, это в 5–7 раз больше, чем в лимоне) целлюлозы, лектинов, растительных волокон, пектина, флавоноидов, сахара, органических кислот, алкалоидов. По составу микроэлементов, растение богато железом, медью и марганцем.

Для цитирования

Антипов С.Т., Журавлев А.В., Марухин А.С. Операторное моделирование ресурсосберегающей машинной технологии производства иван-чая // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 12–17. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-12-17

For citation

Antipov S.T., Zhuravlev A.V., Marukhin A.S. Operator modeling of resource-saving machine technology for the production of Ivan-tea. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 12–17. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-12-17

В стебле растения имеется кобальт, калий, кальций, литий, соли фосфора и до 22% белка. В иван-чае содержатся пирролизидиновые алкалоиды, а кофеин полностью отсутствует. После завершения ферментации пирролизидиновые алкалоиды в растении распадаются и поэтому напиток из иван-чая можно употреблять каждый день.

Однако реализация производства иван-чая в нашей стране удерживается некоторыми факторами, среди которых особое значение имеет механизация и автоматизация технологических процессов. В России отсутствуют производства по выпуску специальных машин для сбора, скручивания, ферментации и сушки иван-чая. Для производства иван-чая в России используется импортная техника, в основном произведенная в Китае, приобретение которой, для предприятий по производству иван-чая является затруднительно и очень дорого.

К тому же, в настоящее время любое производство стремится решить задачу по

сбережению энергетических ресурсов и соответственно старается внедрять широкий спектр новых энергосберегающих машин, аппаратов и технологий [5–9].

Исходя из этого очень актуальным является проведение исследований с целью дальнейшего усовершенствования технологий и техники для производства иван-чая, разработки новых способов скручивания, ферментации и сушки, новых конструкций машин для скручивания листьев, ферментации и сушки.

Результаты и обсуждение

Для системного и функционального анализа ресурсосберегающей машинной технологии производства иван-чая целесообразно использовать операторное моделирование. За элементы технологической системы принимаем технологические операции и представляем её в виде операторной модели (рисунок 1).

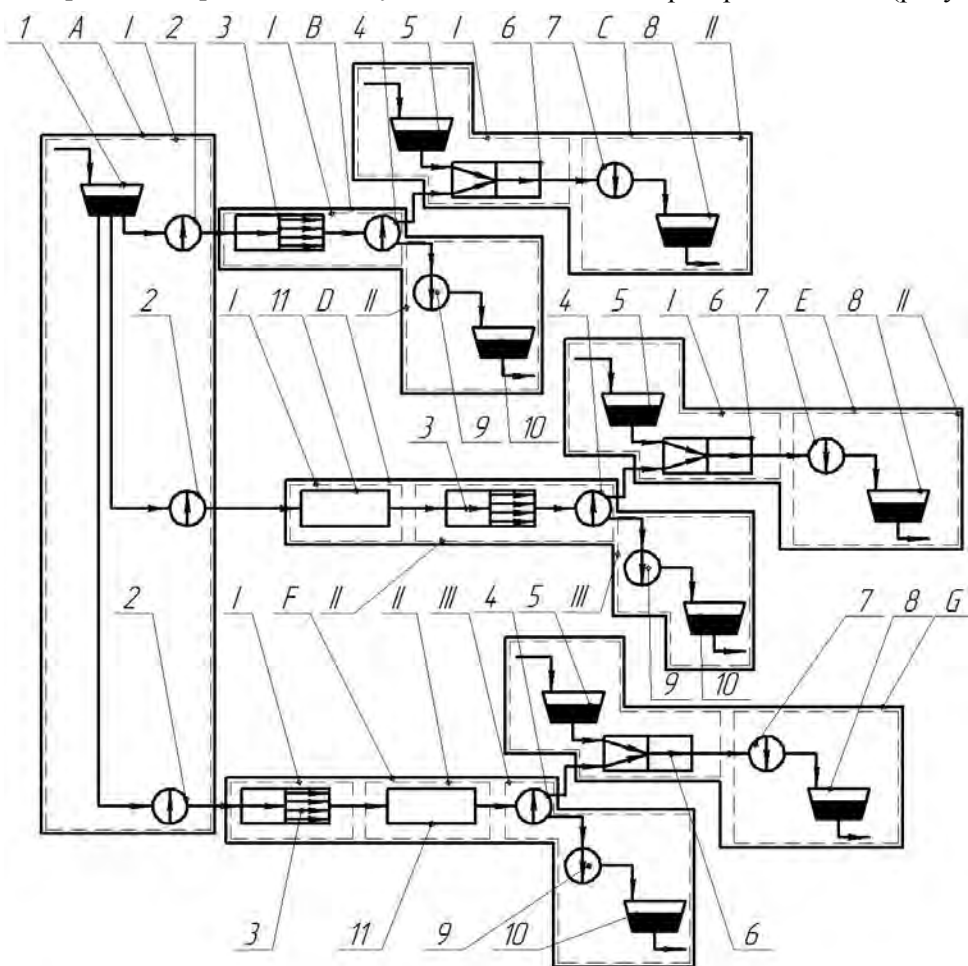


Рисунок 1. Операторная модель технологической линии производства иван-чая: 1 – бункер-накопитель для листьев; 2 – установка для завяливания; 3 – установка для скручивания листьев; 4 – сушилка; 5 – бункер накопитель для фруктов; 6 – смеситель; 7 – установка для охлаждения ароматизированного чая; 8 – бункер для хранения ароматизированного чая; 9 – установка для охлаждения чая; 10 – бункер для хранения чая; 11 – установка для ферментации

Figure 1. The operator model of the technological line of production of Ivan-tea: 1 – storage hopper for leaves; 2 – installation for withering; 3 – installation for leaf twisting; 4 – drier; 5 – storage hopper for fruit; 6 – mixer; 7 – cooling unit for flavoured tea; 8 – storage hopper for flavoured tea; 9 – tea cooling unit; 10 – tea storage hopper; 11 – fermentation plant

Подсистема А – подготовка чайных листьев, включает в себя оператор I – завяливание чайных листьев. Подсистема В – получение зеленого чая, включает в себя операторы: I – скручивание листьев с последующей сушкой, II – охлаждение и хранение зеленого чая. Подсистема С – получение ароматизированного зеленого чая, включает в себя операторы: I – смешивание зеленого чая с фруктами (цветами), II – охлаждение и хранение ароматизированного зеленого чая. Подсистема D – получение улун чая, включает в себя операторы: I – частичная ферментация листьев чая, II – скручивание и сушка листьев, III – охлаждение и хранение улун чая. Подсистема E – получение ароматизированного улун чая, включает в себя операторы: I – смешивание улун чая с фруктами (цветами), II – охлаждение и хранение ароматизированного улун чая. Подсистема F – получение черного чая, включает в себя операторы: I – скручивание листьев чая, II – полная ферментация, III – сушка, охлаждение и хранение черного чая. Подсистема G – получение ароматизированного черного чая, включает в себя операторы: I – смешивание черного чая с фруктами (цветами), II – охлаждение и хранение ароматизированного черного чая.

Для проектирования поточно-механизированных производств в пищевой промышленности необходимо определение оптимального числа оборудования, степень загруженности каждой единицы техники, а также использования площадей для производства. Для решения данной задачи необходимо обязательно учитывать ряд случайных факторов, это время для обслуживания, выход из строя за счет поломок отдельных устройств, время, требуемое для их предотвращения, а также ряд других факторов, которые влияют на эксплуатацию данного оборудования. [10]

Известно, что время на обработку аппаратом одного потока сырья описывается показательной функцией и параметром μ , при этом вероятность того, что t больше время обслуживания $t_{\text{обс}}$, рассчитывается по формуле (1):

$$P\{\bar{t}_{\text{обс}} < t\} = F(t) = 1 - e^{-\mu t}, \quad (1)$$

где $\mu = 1/\bar{t}_{\text{обс}}$ – постоянная положительная величина; t – время пребывания партии сырья в технологической системе, $F(t)$ – функция распределения.

В технологическую систему производства иван-чая на обработку направляется простейший поток сырья с параметром λ . Это означает, что поток обыкновенный, стационарный, без последствия. Вероятность поступления листового чайного сырья в промежуток времени t равна K требований и рассчитывается по формуле Пуассона

$$P_k(t) = \frac{(\lambda \cdot t)^k}{K!} e^{-\lambda t}, \quad (2)$$

где $\lambda > 0$ – плотность потока полуфабрикатов или сырья; K – число машин или аппаратов, занятых обработкой.

Параметры технологической системы рассчитываются в следующей последовательности.

Параметр α рассчитывается по формуле

$$\alpha = \lambda \cdot \bar{t}_{\text{обс}}. \quad (3)$$

Вероятность того, что все аппараты или машины свободны и ожидают приема партий сырья при $\alpha/n < 1$ рассчитывается по формуле

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{K=0}^{n-1} \frac{\alpha^K}{K!} + \frac{\alpha^n}{(n-1)!(n-\alpha)}}. \quad (4)$$

Вероятность того, что все аппараты или машины осуществляют обработку полуфабрикатов или сырья при $\frac{\alpha}{n} < 1$ рассчитывается по формуле

$$\pi = \frac{\alpha^n \cdot P_0}{(n-1)!(n-\alpha)}. \quad (5)$$

Среднее время ожидания каждой партии сырья своей обработки рассчитывается по формуле

$$\bar{t}_{\text{ож}} = \frac{\pi \cdot \bar{t}_{\text{обр}}}{n - \alpha}. \quad (6)$$

где $\bar{t}_{\text{обр}} = \frac{1}{\mu}$ – среднее время обработки партий сырья в технологической системе.

Общее время нахождения партии сырья в аппарате или машине рассчитывается по формуле

$$\bar{t}_{\text{общ}} = \bar{t}_{\text{обр}} + \bar{t}_{\text{ож}}. \quad (7)$$

Вероятность того, что занято обработкой K единиц техники рассчитывается по формуле

$$P_n = \frac{\alpha^n}{K!} P_0 \text{ при } 1 \leq K \leq n. \quad (8)$$

Среднее число партий, которое находится в аппаратах или машинах определяется по формуле

$$M = \frac{P_n \cdot \alpha}{n \left(1 - \frac{\alpha}{n}\right)^2} + \frac{n \cdot P_n}{1 - \frac{\alpha}{n}} + P_0 \sum_{k=0}^{n-1} \frac{\alpha^n}{(K-1)!}, \quad (9)$$

где $M_{\text{ож}} = P_n \cdot \alpha / \left(n \left(1 - \frac{\alpha}{n}\right)^2 \right)$ – средняя длина очереди.

Технологические линии производства чая разумно рассматривать как многофазную, многоканальную систему с ограничением времени ожидания на обработку потока сырья.

Ниже приведена методика системного проектирования и функционирования технологических линий с расчетом оптимального количества единиц технического оборудования.

Определим оптимальное количество сушильных установок, установок для ферментации и установок для скручивания.

Продолжительность сушки, ферментации и скручивания должна удовлетворять технологическим требованиям (сушка не более 1-го часа, ферментация не более 12 часов, скручивание не менее 40 мин).

Пусть в технологическую линию по производству чая поступает элементарный поток листового чайного сырья с параметром $\lambda = 20$ партий в месяц. В одной партии общее количество продукции равно 2,5 т. Загрузка установок равна 0,125 т.

Количество сушильных установок, установок для ферментации и установок для скручивания рассчитывают по уравнениям (3–9).

Результаты расчетов представлены в таблицах 1–3.

Анализ результатов расчетов, приведенных в таблице 1, показал, что при увеличении числа сушилок до 3 существенно снижает продолжительность сушки (до 0,127 суток), что согласуется с технологическими требованиями, при одновременном снижении длины очереди в 2,5 раз.

Таблица 1.

Оптимальное количество сушилок в технологической линии

Table 1.

The optimum number of dryers in the technological line

Параметры технологической системы Parameters of technological system	Численные значения параметров при количестве сушилок Numerical values of parameters at the number of dryers			
	2	3	4	5
P_0	0,128	0,246	0,195	0,123
π	0,835	0,365	0,090	0,016
$t_{ож}, \text{сут } t_{ex}, \text{day}$	0,015	0,002	0,0003	0,00003
$t_{общ}, \text{сут } t_{gen}, \text{day}$	0,140	0,127	0,1253	0,12503
$M_{ож}, \text{т } M_{ex}, \text{t}$	3,40	1,26	0,72	0,46
$M, \text{т } M, \text{t}$	5,40	5,82	6,86	7,24

Таблица 2.

Оптимальное количество установок для ферментации в технологической линии

Table 2.

The optimum number of installations for fermentation in the technological line

Параметры технологической системы Parameters of technological system	Численные значения параметров при количестве установок для ферментации Numerical values of parameters at the number of installations for fermentation			
	2	3	4	5
P_0	0,465	0,541	0,457	0,368
π	0,524	0,155	0,030	0,005
$t_{ож}, \text{сут } t_{ex}, \text{day}$	0,023	0,003	0,0004	0,00005
$t_{общ}, \text{сут } t_{gen}, \text{day}$	0,2313	0,2113	0,2087	0,20835
$M_{ож}, \text{т } M_{ex}, \text{t}$	0,566	0,247	0,127	0,074
$M, \text{т } M, \text{t}$	2,561	3,332	3,511	3,481

Анализ результатов расчетов, приведенных в таблице 2, показал, что при увеличении числа установок для ферментации до 3 существенно снижает продолжительность ферментации (до 0,2113 суток), что согласуется с технологическими требованиями, при одновременном снижении длины очереди в 2 раза.

Анализ результатов расчетов, приведенных в таблице 3, показал, что при увеличении числа установок для скручивания до 3 существенно снижает продолжительность скручивания (до 0,0191 суток), что согласуется с технологическими требованиями, при одновременном снижении длины очереди в 2 раза.

Оптимальное количество установок для скручивания в технологической линии

The optimum number of installations for twisting in the technological line

Параметры технологической системы Parameters of technological system	Численные значения параметров при количестве установок для скручивания Numerical values of parameters at the number of installations for twisting			
	2	3	4	5
P_0	0,229	0,334	0,267	0,184
π	0,725	0,279	0,064	0,011
$t_{ож}, \text{сут } t_{ex}, \text{day}$	0,006	0,001	0,0001	0,00002
$t_{общ}, \text{сут } t_{gen}, \text{day}$	0,0241	0,0191	0,0182	0,01812
$M_{ож}, \text{т } M_{ex}, \text{t}$	1,65	0,721	0,406	0,254
$M, \text{т } M, \text{t}$	3,65	4,67	5,33	5,533

Заключение

Анализы расчетов по используемой методике хорошо сочетаются с данными практики по проектированию технологических систем и линий. Обоснованность определения необходимого количества установок подтверждается тем, что их количество удовлетворяет запланированному объему производства иван-чая

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Даников Н.И. Целебный иван-чай. М.: Эксмо, 2016. 55 с.
- 2 Косун В.Ф., Виктор В.К., Корсун Е.В., Даньшин, Е.А. Русский иван-чай. М.: Русские, 2013. 140 с.
- 3 Basu P. Circulating fluidized bed boilers: design, operation and maintenance. Springer, 2015.
- 4 Akbari M., Feizi H., Madoliat R. Investigations on the effects of ultrasonic vibrations in the extrusion process // Journal of Materials Proc. Tech. 2014.
- 5 Jain A., Manghani C., Kohli S., Nigam D. et al. Tea and human health: The dark shadows // Toxicology Letters. 2013. № 220 (1).
- 6 Tariq A.L., Reyaz. A.L. Phytochemical analysis of Camellia sinensis Leaves // Int. J. Drug Dev. & Res., October-December. 2013. № 4(4).
- 7 Xiaohong L. In vitro Anti-angiogenic Effects of Tea Saponin and Tea Aglucone on Human Umbilical Vein Endothelial Cells // J. of Food and Nutr. Res. 2015. V. 3. № 3.
- 8 Ферментация и сушка чая. URL: <http://teatips.ru/index.php?act=2&id=299&dep=7>
- 9 Ферментация кипрея. URL: http://www.hnh.ru/food/Fermentation_fireweed
- 10 Журавлев А.В., Марухин А.С., Кирнос А.В. Системное проектирование ресурсосберегающей машинной технологии переработки семян амаранта // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК - продукты здорового питания. 2016. № 6(14). С. 61-68.

и технологическому времени процессов сушки, ферментации и скручивания. На сегодняшний день наиболее перспективной является машинная технология, реализованная ресурсосберегающей технологической линией с целостным, устойчивым и стабильным потоком, которая позволяет снизить эксплуатационные и капитальные затраты, а также получать наиболее качественные готовые продукты.

REFERENCES

- 1 Danikov N.I. Tselebnyy ivan-chay. [Healing ivan tea] Moscow, Eksmo, 2016. 55 p. (in Russian).
- 2 Kosun V.F., Viktorov V.K., Korsun E.V., Dan'shin, E.A. Russkiy ivan-chay [Russian ivan-tea] Moscow, Russkie, 2013. 140 p. (in Russian).
- 3 Basu P. Circulating fluidized bed boilers: design, operation and maintenance. Springer, 2015.
- 4 Akbari M., Feizi H., Madoliat R. Investigations on the effects of ultrasonic vibrations in the extrusion process. Journal of Materials Proc. Tech. 2014.
- 5 Jain A., Manghani C., Kohli S., Nigam D. et al. Tea and human health: The dark shadows. Toxicology Letters. 2013. no. 220 (1).
- 6 Tariq A.L., Reyaz. A.L. Phytochemical analysis of Camellia sinensis Leaves. Int. J. Drug Dev. & Res., October-December. 2013. no. 4(4).
- 7 Xiaohong L. In vitro Anti-angiogenic Effects of Tea Saponin and Tea Aglucone on Human Umbilical Vein Endothelial Cells. J. of Food and Nutr. Res. 2015. vol. 3. no. 3.
- 8 Fermentatsiya i sushka chaia [Fermentation and drying of tea] Available at: <http://teatips.ru/index.php?act=2&id=299&dep=7> (in Russian)
- 9 Fermentatsiya kipreya [Thyatier fermentation] Available at: http://www.hnh.ru/food/Fermentation_fireweed (in Russian)
- 10 Zhuravlev A.V., Marukhin A.S., Kirnosov A.V. System design of resource-saving machine technology of processing of seeds of an amaranth. Tekhnologii pishchevoy I pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya. [Technologies of food and processing industry of the agroindustrial complex - healthy food products] 2016. no. 6 (14). pp. 61-68. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Сергей Т. Антипов д.т.н., профессор, проректор по научной и инновационной деятельности, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ast@vsuet.ru

Алексей В. Журавлев д.т.н., профессор, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, alexjav2@mail.ru

Александр С. Марухин аспирант, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kintar0@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Сергей Т. Антипов разработал концепцию исследований, консультации в ходе эксперимента

Алексей В. Журавлев обработал экспериментальные данные

Александр С. Марухин провёл эксперимент, написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 14.06.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 08.08.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Sergei T. Antipov Dr. Sci. (Engin.), professor, vicerector of research and innovation, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ast@vsuet.ru

Aleksei V. Zhuravlev Dr. Sci. (Engin.), professor, machines and equipment of food production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, alexjav2@mail.ru

Aleksandr S. Marukhin graduate student, machines and equipment of food production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kintar0@yandex.ru

CONTRIBUTION

Sergei T. Antipov it developed the concept of studies, consultation in the course of the experiment

Aleksei V. Zhuravlev processed the experimental data

Aleksandr S. Marukhin it conducted experiment, wrote the manuscript, corrected it to the supply into the editorial staff and bears responsibility for the plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 6.14.2018

ACCEPTED 8.8.2018

Учет активности воды в расчетах скорости усушки пищевого продукта

Владимир Н. Эрлихман¹ elina@klgtu.ruЮрий А. Фатыхов¹ yuriy.fatyhov@klgtu.ru¹ Калининградский государственный технический университет, Советский пр-т, 1, Калининград, 236022, Россия

Реферат. При холодильной обработке и хранении пищевого продукта происходят потери его массы вследствие усушки. Потери массы и качества пищевого продукта определяются температурными и влажностными параметрами окружающей среды и активностью воды самого продукта. Применение существующих формул для расчета тепломассообменных процессов холодильной обработки и хранения пищевых продуктов является ограниченным, так как они не учитывают активность воды и ее температурную зависимость от этого параметра. Получена формула для расчета скорости усушки пищевого продукта, учитывающая гигротермические и теплофизические параметры продукта и окружающей среды, а также условия тепломассообмена. В ней учтен технологический показатель «активность воды», с ростом которого скорость испарения влаги с поверхности продукта линейно возрастает. Для установления зависимости активности воды пищевых продуктов от температуры в области их отрицательных значений предложено использовать аналог тканевой влаги, обладающего свойствами разбавленного недиссоциированного молекулярного раствора. Критерием адекватности поведения тканевой влаги пищевого продукта и его аналога может быть доля вымороженной воды. В качестве аналога тканевых соков пищевых продуктов принят водный раствор этанола с массовой концентрацией 0,025 и температурой начала замерзания -1°C. Удовлетворительные результаты сопоставления расчетных и экспериментальных данных получены для диапазона температур (-1...-34)°C, что соответствует промышленным режимам холодильной обработки большинства пищевых продуктов. В этом диапазоне температур активность воды водного раствора этанола с понижением температуры уменьшается с 0,990 до 0,748, что в среднем составляет уменьшение активности воды 0,007 на каждый градус понижения температуры.

Ключевые слова: пищевой продукт, скорость усушки, активность воды, массообменный процесс, тканевая влага, аналог, этанол

The account of water activity in the calculation of the rate of food product shrinkage

Vladimir N. Erlikhman¹ elina@klgtu.ruYuriy A. Fatykhov¹ yuriy.fatyhov@klgtu.ru¹ Kaliningrad State Technical University, Sovet av., 1, Kaliningrad, 236022, Russia

Summary. Refrigeration treatment and storing of the food product involves its mass loss due to its drying. The loss of mass and quality of food products is determined by ambient temperature and moisture parameters and water activity of the product itself. The use of existing formulas for calculating heat and mass exchange processes of refrigeration treatment and storage of food product is limited, because they don't take into account water activity and its temperature dependence on this parameter. A formula has been obtained for calculating the rate of food product shrinkage, considering the hygrothermal and thermophysical properties of the product and the environment, as well as the conditions for heat and mass transfer. The technological parameter of "water activity", with the increase of which the rate of evaporation of moisture from the product surface increases linearly, has been account in this formula. For determining dependence of food product water activity on temperature range within negative meaning it is suggested to use an analogue of tissue moisture possessing properties of diluted molecular solution. A criterion adequacy behavior of tissue moisture of food product and its analogue may be the share of frozen water. As analogue of tissue juice of food products the water solution of ethyl alcohol with mass concentration of 0.025 and temperature of freezing beginning -1°C is taken. Satisfactory results of comparing calculated and experimental data for temperature range of (-1...-34)°C have been obtained, which corresponds to industrial modes of buck food products refrigeration processes. Within this temperature range the water activity of water solution of ethyl alcohol drops with the temperature lowering from 0.990 to 0.748, in average amounts to water activity decrease of 0.007 to each degree of temperature drop.

Keywords: food product, drying speed, water activity, mass exchanging process, tissue moisture, analogue, ethyl alcohol

Введение

Влага в пищевых продуктах представляет собой сложные водные растворы солей, кислот, органических веществ. При холодильной обработке и хранении пищевого продукта происходят потери его массы вследствие усушки, а концентрация оставшегося в жидком состоянии раствора (тканевой влаги) по мере понижения температуры возрастает [1]. Потери массы и качества пищевого продукта определяются температурными и влажностными параметрами окружающей среды и активностью воды самого продукта. Активность воды является важной технологической и физико-химической характеристикой пищевого продукта, определяющей его микробиологическую стойкость и естественные потери

из-за усушки в процессе массообмена [2, 3]. Активность воды a_w представляет собой отношение давления водяного пара в пограничном слое над продуктом p_p к давлению насыщенных водяных паров над чистой водой p''_n при одинаковых температурах, т. е.

$$a_w = p_p / p''_n \quad (1)$$

Значение a_w , выраженное в процентах, является равновесной относительной влажностью, т. е. свойством атмосферы, окружающей продукт, при которой испарение и поглощение влаги не происходит [1].

Процесс массоотдачи продукта описывается классическим уравнением [4]:

Для цитирования

Эрлихман В.Н., Фатыхов Ю.А. Учет активности воды в расчетах скорости усушки пищевого продукта // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 18–21. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-18-21

For citation

Erlikhman V.N., Fatykhov Yu.A. The account of water activity in the calculation of the rate of food product shrinkage. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 18–21. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-18-21

$$W = \beta(\rho''_n - \rho_o) F \frac{101,3 \times 10^3}{p_\delta}, \quad (2)$$

где β – коэффициент массоотдачи (испарения), м/с; ρ''_n, ρ_o – объемная массовая концентрация (плотность) насыщенного водяного пара на поверхности продукта и, соответственно, водяного пара в окружающем воздухе, кг вл/м³; F – поверхность теплообмена, м²; p_δ – барометрическое давление, Па.

Для расчета скорости испарения влаги W также применяют формулу:

$$W = \beta_p (\rho''_n - \rho_o) F \frac{101,3 \times 10^3}{p_\delta} = \frac{\beta}{R_n - T_n} (p''_n - p_o) F \frac{101,3 \times 10^3}{p_\delta}, \quad (3)$$

где β_p – коэффициент испарения, отнесенный к разности давлений насыщенного водяного пара на поверхности продукта p''_n и в окружающем воздухе p_o с температурой T_o , кгвл/(м²·с·Па) и равный

$$\beta_p = \frac{\beta}{R_n - T_n}, \quad (4)$$

где R_n – газовая постоянная водяного пара, равная $R_n = 461,6$ Дж / (кг вл. К); T_n – температура поверхности продукта, К.

Формула (3) получена из выражения (2) путем представления плотности водяного пара ρ''_n и ρ_o из уравнения состояния Клапейрона–Менделеева

$$\rho''_n = \frac{p''_n}{R_n T_n}, \quad (5)$$

$$\rho_o = \frac{p_o}{R_n T_n}, \quad (6)$$

и внесением величины $\frac{1}{R_n T_n}$ за скобки выражения (3).

Так как температура водяного пара в окружающем воздухе T_o в общем случае не равна температуре продукта T_n , то его плотность равна

$$\rho_o = \frac{p_o}{R_n T_o}. \quad (7)$$

Поэтому более точной формулой для расчета скорости испарения влаги является

$$W = \frac{\beta}{R_n - T_n} \left(p''_n - \frac{T_n}{T_o} p_o \right) F \frac{101,3 \times 10^3}{p_\delta} = \beta_p \left(p''_n - \frac{T_n}{T_o} p_o \right) F \frac{101,3 \times 10^3}{p_\delta}. \quad (8)$$

Применение формул (2) и (3) для расчета теплообменных процессов холодильной обработки и хранения пищевых продуктов является ограниченным, так как они не учитывают активность воды c_w и ее температурную зависимость от этого параметра.

Цель исследования заключается в установлении зависимости скорости испарения влаги из пищевого продукта при различных температурах холодильной обработки и хранения с учетом гигротермических параметров окружающей среды, интенсивности тепло- и массообмена и активности воды.

Результаты и обсуждение

Представим формулу (8) с учетом выражения (1) в следующем виде:

$$W = \beta_p \left(a_w p''_n - \frac{T_n}{T_o} p_o \right) F \frac{101,3 \times 10^3}{p_\delta}. \quad (9)$$

После вынесения величины a_w за скобки и представления давлений p''_n и p_o через их плотности (формулы 5 и 7), формула (9) примет вид:

$$W = \beta_p a_w R_n T_n \left(p''_n - \frac{1}{a_w} p_o \right) F \frac{101,3 \times 10^3}{p_\delta}. \quad (10)$$

Учитывая, согласно формуле (4), что

$$\beta_p R_n T_n = \beta, \text{ а } p_o = \varphi_o p''_o,$$

где φ_o и p''_o – относительная влажность и давление насыщенных водяных паров окружающего воздуха, а также разделив и умножив правую часть уравнения (10) на плотность сухого воздуха ρ_{cn} при температуре поверхности продукта:

$$\rho_{cn} = \frac{p_{cn}}{R_c T_n}, \quad (11)$$

где p_{cn} – парциальное давление сухого воздуха на поверхности продукта, равное $p_{cn} = p_\delta - p''_n$, Па; R_c – газовая постоянная сухого воздуха, равная 287 Дж / (кг св К), получим

$$W = \beta \rho_c a_w \left(\frac{p''_n}{\rho_{cn}} - \frac{1}{a_w} 0,622 \frac{T_n}{T_o} \frac{\varphi_o p''_o}{p_\delta - p''_n} \right) \times \times F \frac{101,3 \times 10^3}{p_\delta}. \quad (12)$$

В выражении (12) отношение $\frac{p''_n}{\rho_{cn}}$ представляет собой влагосодержание насыщенного воздуха на поверхности продукта d''_n , а произведение $\beta \rho_c$ – коэффициент массоотдачи σ (кг св/м²), отнесенный к разности влагосодержаний.

Используя уравнение Льюиса, связывающего тепло и массообмен

$$\frac{\alpha}{\sigma} = c_c, \quad (13)$$

где α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К); c_c – удельная массовая теплоемкость сухого воздуха, равная в диапазоне температур -50...+30°C $1,006 \times 10^3$ Дж/(кг св К), формула (12) в окончательном варианте примет вид

$$W = \frac{\alpha}{c_c} a_w \left(d''_n - \frac{1}{a_w} 0,622 \frac{T_n}{T_o} \frac{\varphi_o p''_o}{p_\delta - p''_n} \right) \times \times F \frac{101,3 \times 10^3}{p_\delta}. \quad (14)$$

Выражение (14) отражает зависимость скорости усушки продукта W от активности воды a_w и температуры продукта T_n , а также от условий теплообмена, учитываемых теплофизическими и гигротермическими параметрами окружающей среды α , c_c , φ_o , d_o , T_o .

В таблице 1 представлены результаты расчета скорости испарения влаги с одного квадратного метра продукта (поверхности теплообмена), полученные по зависимости (14) для следующих условий: при параметрах окружающего воздуха $p_\delta = 100 \times 10^3$ Па, $T_o = 273$ К, $\varphi_o = 0,9$, $p''_o = 610,8$ Па, а также при $T_n = 278$ К, $d''_n = 10,783 \times 10^{-3}$ кг вл/кг св, $p''_n = 1704,1$ Па, $\alpha = 10,0$ Вт/(м²·К).

Таблица 1.

Скорость испарения влаги в зависимости от активности воды

Table 1.

Evaporation rate of moisture depending on water activity

Активность воды (Water activity) a_w	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	1,0
Скорость испарения (Evaporation rate) $W \times 10^5$, кг вл/(с×м ²)	6,446	6,664	6,880	7,097	7,315	7,532
Относительная скорость испарения (Relative evaporation rate) $W / W_{a_w} = 1$	0,856	0,885	0,914	0,942	0,971	1,0

Из представленных в таблице 1 данных видно, что в диапазоне изменения активности воды, представляющем практический интерес как барьерный фактор [2, 3], с ростом этого показателя скорость испарения влаги и усушки продукта возрастает и эта зависимость имеет линейный характер.

По расчетной зависимости (14) можно получить также значение активности воды ($a_w = 0,306$), при котором испарение влаги и усушка продукта прекращается ($W = 0$). Это означает, что для принятых в примере гигротермических и теплофизических условий хранения продукт достиг равновесной влажности.

Предложенная формула (14), также, как и существующие формулы для расчета массообменных процессов при холодильной обработке и хранении пищевых продуктов [5–7], по которым можно определить скорость испарения влаги из пищевого продукта, не учитывают температурную зависимость активности воды. При замораживании тканевая влага пищевых продуктов, представляющая собой сложные водные растворы солей, кислот и органических веществ [1], вследствие фазового превращения части влаги в лед, увеличивает свою концентрацию, при этом активность воды уменьшается. Так как для большинства пищевых продуктов зависимость активности воды от температуры в области их отрицательных значений не установлена, можно для получения такой зависимости использовать аналог тканевой влаги (сока) пищевых продуктов, обладающего свойствами разбавленного

недиссоциированного молекулярного раствора, для которого такая закономерность достоверно устанавливается на основании теории растворов.

В качестве аналога тканевых соков пищевых продуктов нами [8] принят водный раствор этанола с массовой концентрацией 0,025 и температурой начала замерзания (-1)°С, присущей большинству пищевых продуктов. Критерием адекватности поведения тканевой влаги пищевого продукта и его аналога выбран такой показатель, как доля вымороженной влаги, определяемой по известной формуле Г.Б. Чинова. Для определения расчетной и экспериментальной зависимостей температуры замерзания водного раствора этанола от концентрации в качестве последней принята зависимость по источнику [9].

Установлен диапазон температур, в котором расхождения в долях вымороженной влаги между расчетными и экспериментальными данными не превышает 1,6%. Этот диапазон составляет (-1...-34)°С и соответствует промышленным режимам холодильной обработки и хранения подавляющего большинства пищевых продуктов.

В указанном температурном диапазоне активность воды водного раствора этанола с понижением температуры уменьшается с 0,990 до 0,748: в среднем на величину 0,007 на каждый градус понижения температуры.

По своей физической природе этанол (одно из названий синтетического спирта, этилового спирта, просто спирта и др.) является продуктом переработки, в том числе, крахмало- и сахаросодержащих пищевых продуктов [10],

что только подтверждает правомочность и оправданность его выбора в качестве аналога тканевой влаги пищевого продукта.

Выводы

1. Предложена формула для определения скорости испарения влаги из пищевых продуктов при их холодильной обработке и хранении, учитывающая активность воды, интенсивность теплообмена и гигротермические параметры окружающей среды.

2. Показано, что в диапазоне изменения активности воды от 0,9 до 1,0, имеющем практическое значение, с ее ростом скорость испарения

влаги с поверхности продукта возрастает и эта зависимость имеет линейный характер.

3. Для определения активности воды в пищевых продуктах при различных температурах холодильной обработки и хранения предложено использовать в качестве аналога тканевой влаги водные раствор этанола с концентрацией 0,025 и температурой начала замерзания (+1)°C.

4. Установлен диапазон температур (-1...-34)°C, в котором при расчете скорости усушки пищевого продукта в зависимости от активности воды правомочно и с приемлемой точностью может использоваться аналог тканевой влаги пищевого продукта.

2 Soruor H., Tanaka F., Uchino T. Impact of non-thermal processing on the microbial and bioactive content of foods. Global Journal of Biology, Agriculture and Health Sciences. 2014. no. 3(1). pp.153-167.

3 Kim G.N., Safronova T.M. Bar'emaya tekhnologiya pererabotki gidrobiontov [Barrier technology of processing hydrobionts]. Vladivostok, Dalnauka, 2001. 166 p. (in Russian).

4 Frolov S.V., Kutzakova V.E., Kipnis V.L. Termo- i massoobmen v raschetah processov holodil'noy tekhnologii pischevyykh produktov [Thermal and mass exchange at calculating processes of refrigeration technology of food products]. Moscow, Kolos-Press, 2001. 144 p. (in Russian).

5 Sabarez H.T. Modelling of drying processes for food materials. Modeling Food Processing Operations, Woodhead Publishing. 2015. pp. 95-123.

6 Aevans J.A. Zamorozhennyye pischevyye produkty: proizvodstvo i realizatsiya (translation from English) [Frozen food products: production and marketing]. Saint-Petersburg, Professiya, 2010. 440 p. (in Russian).

7 Zorrilla S.E., Rubiolo A.C. Mathematical modeling for immersion chilling and freezing of foods. Part 1: Model development. J. of Food Engineering. 2005. no. 66. pp. 329-338.

8 Erlikhman V.N., Fatykhov J.A. Calculation method of food product drying speed depending on water activity in the processes of refrigeration technology. Vestnik MAH [Bulletin of MAC] 2018. no 4. (in Russian).

9 Tabliza. Termofizicheskie svoystva etanola [Table. Thermophysical properties of ethyl alcohol] Available at: <http://forum.vagma.ru/topic/199-pri-kakoi-temperature-zamerzaet-vodka-spirit-vo/> (in Russian)

10 Fikiin K., Tsvetkov O., Laptev Ju., Kolodyaznaya V. Thermophysical and engineering issues of the immersion freezing of fruits in ice slarries based on sugar-ethanol aqueous solution. Ecolibrium. 2003. pp.10-14.

ЛИТЕРАТУРА

1 Berk Z. Food process engineering and technology (Third edition). Academic Press, 2018. 690 p.

2 Soruor H., Tanaka F., Uchino T. Impact of non-thermal processing on the microbial and bioactive content of foods // Global Journal of Biology, Agriculture and Health Sciences. 2014. №3(1). P.153-167.

3 Ким Г.Н., Сафронова Т.А. Барьерная технология переработки гидробionтов. Владивосток: Дальнаука, 2001. 166 с.

4 Фролов С.В., Куцакова В.Е., Кипнис В.Л. Тепло- и массообмен в расчетах процессов холодильной технологии пищевых продуктов. М.: Колос-Пресс, 2001. 144 с.

5 Sabarez H.T. Modelling of drying processes for food materials // Modeling Food Processing Operations, Woodhead Publishing. 2015. P. 95-123.

6 Эванс Дж.А. Замороженные пищевые продукты: производство и реализация (перевод с англ.). СПб: Профессия, 2010. 440 с.

7 Zorrilla S.E., Rubiolo A.C. Mathematical modeling for immersion chilling and freezing of foods. Part 1: Model development // J. of Food Engineering. 2005. №66. P.329-338.

8 Эрлихман В.Н., Фатыхов Ю.А. Методика расчета скорости усушки пищевого продукта в зависимости от активности воды в процессах холодильной технологии // Вестник МАХ. 2018. № 4.

9 Таблица. Термодинамические свойства этанола – GCM-VAG Мастерская. URL: <http://forum.vagma.ru/topic/199-pri-kakoi-temperature-zamerzaet-vodka-spirit-vo>.

10 Fikiin K., Tsvetkov O., Laptev Ju., Kolodyaznaya V. Thermophysical and engineering issues of the immersion freezing of fruits in ice slarries based on sugar-ethanol aqueous solution // Ecolibrium. 2003. P.10-14.

REFERENCES

1 Berk Z. Food process engineering and technology (Third edition). Academic Press, 2018. 690 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Владимир Н. Эрлихман д.т.н., профессор, кафедра пищевых и холодильных машин, Калининградский государственный технический университет, Советский пр-т, 1, Калининград, 236022, Россия, elina@klgtu.ru

Юрий А. Фатыхов д.т.н., профессор, зав. кафедрой, кафедра пищевых и холодильных машин, Калининградский государственный технический университет, Советский пр-т, 1, Калининград, 236022, Россия, yuriy.fatykhov@klgtu.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Владимир Н. Эрлихман обзор литературных источников по исследуемой проблеме, выполнил расчёты

Юрий А. Фатыхов написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 15.05.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 03.08.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Vladimir N. Erlikhman Dr. Sci. (Engin.), professor, food and refrigeration machines department, Kaliningrad State Technical University, Sovet av., 1, Kaliningrad, 236022, Russia, elina@klgtu.ru

Yuriy A. Fatykhov Dr. Sci. (Engin.), professor, food and refrigeration machines department, Kaliningrad State Technical University, Sovet av., 1, Kaliningrad, 236022, Russia, yuriy.fatykhov@klgtu.ru

CONTRIBUTION

Vladimir N. Erlikhman review of the literature on an investigated problem, performed computations

Yuriy A. Fatykhov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 5.15.2018

ACCEPTED 8.3.2018

Разработка ресурсосберегающей технологии производства основы туалетного мыла периодическим косвенным методом из нейтральных жиров

Екатерина Ю. Желтоухова¹ katsturova@gmail.com
Елизавета Д. Кондрашина¹ lizakondrasina@gmail.com

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. В ходе работы была усовершенствована технология получения туалетного мыла, обладающего косметическими свойствами; экспериментально были получены образцы мыла с введением физиологически функциональных веществ в состав рецептурных компонентов с целью сохранения исходных физиологически активных свойств. Технологический процесс приготовления основы туалетного мыла периодическим косвенным методом из нейтральных жиров включает следующие стадии: каустическое омыление жирового набора; шлифование мыльной основы; отстаивание мыльной основы; слив мыльной основы; облагораживание подмыльного клея. Омыление основного жирового сырья осуществляется в мыловаренном котле и может производиться как на остатке мыла от предыдущей варки, так и с использованием предварительно облагороженного клеевого остатка от предыдущих варок. Шлифование мыльной основы осуществляется горячей водой 80–90 °С, сухой поваренной солью или раствором едкой щелочи, которые подают отдельными порциями при кипячении массы острым паром, в количестве, необходимом для разделения массы в процессе шлифования на ядро (туалетная основа) и подмыльный клей. Отстаивание мыльной основы производят после шлифования для разделения массы в процессе шлифования на ядро (туалетная основа) и подмыльный клей. Температура мыльной массы перед отстаиванием должна быть не менее 100 °С. Длительность отстаивания составляет не менее 24 часов. Приготовление ядра осуществляется в мыловаренном котле. Сборные клея туалетного мыла нагревают до кипения острым паром. Затем производят высылку подмыльного клея сухой поваренной солью, которую вводят в количестве, необходимом для разделения массы на ядро и подмыльный щелок. После ввода каждой порции поваренной соли мыльную массу кипятят 15–20 минут до полного растворения и равномерного распределения в массе. Отсолка считается законченной, если мыло в котле приобретает зернистое строение и в пробе на шпатель отчетливо видны зерна ядра, между которыми стекает подмыльный щелок.

Ключевые слова: мыло, туалетное, растительная основа, косвенный способ, мыльная основа

Development of resource-saving technology for the production of toilet soap base with a periodic indirect method from neutral fats

Ekaterina Yu. Zheltoukhova¹ katsturova@gmail.com
Elizaveta D. Kondrashina¹ lizakondrasina@gmail.com

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. In the course of the work, the technology of obtaining toilet soap with cosmetic properties was improved; samples of soap with the introduction of physiologically functional substances into the composition of the formulation components were experimentally obtained in order to preserve the initial physiologically active properties. The technological process of preparing the basic toilet soap periodically indirect method of neutral fats includes the following stages: caustic saponification of the fat set; grinding soap base; upholding of the soap base; draining the soap base; ennoblement of a soapy glue. Saponification of the main fat raw material is carried out in the soap boiler and can be produced both on the rest of the soap from the previous cooking, and using the pre-refined adhesive residue from the previous brews. Grinding of the soap base is carried out by hot water 80–90 °C, dry table salt or solution of caustic alkali, which are delivered in separate portions at boiling of the mass with a steaming steam, in an amount necessary for mass separation during grinding into the core (toilet base) and saponified adhesive. The sedimentation of the soap base is made after grinding is performed to separate the mass in the grinding process into the core (toilet base) and the sapwood glue. The temperature of the soap mass before settling must be at least 100 °C. The settling time is not less than 24 hours. The preparation of the core is carried out in a soap boiler. Prefabricated soap of toilet soap is heated to a boil with a hot steam. Then produce a high level of sapper adhesive with dry table salt, which is introduced in the amount necessary to separate the mass into a core and a flushing liquor. After each portion of the salt is injected, the soap mass is boiled for 15–20 minutes until completely dissolved and uniformly distributed in the mass. Salting is considered complete if the soap in the cauldron acquires a granular structure and in the sample on the spatula the kernels of the nucleus are clearly visible, between which the flaked lye flows.

Keywords: soap, toilet, vegetable base, indirect method, soap base

Введение

Мыло является жидким или твердым продуктом, который содержит в своем составе поверхностно-активные вещества. Мыло при соединении с водой используется в качестве косметического средства: для очищения кожи и ухода за ней (туалетное мыло) или в качестве средств бытовой химии, как моющее средство (хозяйственное мыло). По данным опросов

мылом пользуются 98% населения Российской Федерации. Покупатели начинают узнавать уникальные свойства мыла, ориентация на конкретных свойствах для конкретных потребителей, появляется потребность в новой продукции с новыми свойствами. Поэтому необходимо разрабатывать новые ресурсосберегающие технологии для требований потребителей, выводя на рынок все новые продукты [1].

Для цитирования

Желтоухова Е.Ю., Кондрашина Е.Д. Разработка ресурсосберегающей технологии производства основы туалетного мыла периодическим косвенным методом из нейтральных жиров // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 22–25. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-22-25

For citation

Zheltoukhova E.Yu., Kondrashina E.D. Development of resource-saving technology for the production of toilet soap base with a periodic indirect method from neutral fats. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 22–25. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-22-25

Жировое сырье, которое поступает на участок варки мыла, находится в емкостях по видам. Для нагрева жирового сырья внутри емкостей размещены змеевики, по которым подается глухой пар. В емкостях жировое сырье отстаивается, отстоявшаяся вода подается на приготовление ядра, а жиры подаются в мыловаренный котел на варку основы туалетного мыла[2, 3].

Варка основы туалетного мыла осуществляется в мыловаренных котлах. Норма загрузки жировой смеси в жирных котлах составляет 0,3 т. на 1 м² емкости мыловаренного котла. Коэффициент использования рабочей емкости мыловаренного котла с учетом перемешивания мыльной массы – не более 0,7.

Технологический процесс приготовления основы туалетного мыла периодическим косвенным методом из нейтральных жиров включает следующие стадии:

- каустическое омыление жирового набора;
- шлифование мыльной основы;
- отстаивание мыльной основы;
- слив мыльной основы;
- облагораживание подмыльного клея.

Каустическое омыление жирового набора

Омыление основного жирового сырья осуществляется в мыловаренном котле и может производиться как на остатке мыла от предыдущей варки, так и с использованием предварительно облагороженного клеевого остатка от предыдущих варок. В варочный котел на остаток мыла от предыдущей варки из емкости насосом загружают 1/5–1/6 часть от рассчитанного на всю варку раствора каустической соды концентрацией 35–45%. Раствор каустической соды разбавляют водой примерно в 1,5–2 раза. Массу в котле нагревают острым паром через барботер, установленный в нижней части котла. Количество подаваемых жиров должно соответствовать количеству загруженной едкой щелочи. В начале омыления не следует пускать в мыльную массу слишком сильной струей пар, чтобы не препятствовать образованию эмульсии. Подаваемый в котел пар должен поддерживать массу в состоянии легкого кипения. При получении однородной мыльной массы продолжают загружать в котел при кипячении острым паром одновременно порциями раствор каустической соды и жировую смесь в соответствии с рецептурой. Загрузку жирового сырья производят порциями. При омылении около 20% жировой смеси процесс интенсивнее, поэтому жиры и щелочь добавляют постепенно, иначе мыльную массу может выбросить из котла. Когда в реакцию вступила примерно половина от заданной рецептуры жировой смеси для предотвращения

образования в котле "среднего" мыла и снижения вязкости в мыльную массу добавляют поваренную соль в количестве 0,3–0,6% от массы жировой смеси. Введенное количество поваренной соли затем учитывается при отсолке и шлифовке мыльной массы. Последними на омыление подают кокосовое (пальмоядровое) масло и синтетические жирные кислоты C10–C16. Для последующей корректировки избытка свободной щелочи оставляют 1,5–2,0% жиров. Омыление считается законченным, если после контрольного кипячения мыльной массы в течение 30 минут содержание массовой доли свободной щелочи составляет 0,28–0,30%. Содержание массовой доли жирных кислот перед шлифованием должно быть в пределах 54–57%. Температура мыльной основы в конце варки мыла должна быть не менее 100 С. После омыления мыльную массу шлифуют.

Варка мыльной основы на облагороженном клее туалетного мыла (ядре). В варочный котел на подготовленное ядро насосом загружают 1/3 часть от рассчитанного на всю варку количества каустической соды концентрацией 34–45%.

Массу в котле нагревают острым паром через барботер, установленный в нижней части котла. Количество подаваемых жиров должно соответствовать количеству загруженной едкой щелочи. В начале омыления не следует пускать в мыльную массу слишком сильной струей пар, чтобы не препятствовать образованию эмульсии. Подаваемый в котел пар должен поддерживать массу в состоянии легкого кипения. При получении однородной мыльной массы продолжают загружать в котел при кипячении острым паром одновременно порциями раствор каустической соды и жировую смесь в соответствии с рецептурой. Загрузку жирового сырья производят порциями. При омылении около 20% жировой смеси процесс интенсивнее, поэтому жиры и щелочь добавляют постепенно, иначе мыльную массу может выбросить из котла. Последними на омыление подают кокосовое (пальмоядровое) масло и синтетические жирные кислоты C10–C16. Для последующей корректировки избытка свободной щелочи оставляют 1,5–2,0% жиров. Во время омыления поддерживают избыток свободной щелочи 0,3–0,4%. Омыление считается законченным, если после контрольного кипячения мыльной массы в течение 30 минут содержание массовой доли свободной щелочи составляет 0,2–0,33%. Содержание массовой доли жирных кислот перед шлифованием должно быть в пределах 53–57%. Температура мыльной основы в конце варки мыла должна быть не менее 100 С. После омыления мыльную массу шлифуют.

Шлифование мыльной основы

Шлифование мыльной основы осуществляется горячей водой 78–92 °С, сухой поваренной солью или раствором едкой щелочи, которые подают отдельными порциями при кипячении массы острым паром, в количестве, необходимом для разделения массы в процессе шлифования на ядро (туалетная основа) и подмыльный клей. После подачи каждой порции электролитов производят выравнивание массы кипячением. После загрузки в котел последней порции электролитов при интенсивном кипячении и перемешивании острым паром проводят шлифование не менее 30 минут. В конце шлифования мыльная масса должна быть однородной и содержать: массовая доля жирных кислот – (54–56)%, массовая доля едкого натра – (0,25–0,33)%, массовая доля хлористого натрия – (0,8–1,0)%. Мыловаренный котел может пополняться ядром, полученным после тщательного облагораживания клеев от предыдущих варок, в этом случае операция шлифования осуществляется после соединения ядра с основным жировым набором [5].

Отстаивание мыльной основы

Отстаивание мыльной основы начинают после шлифования и проводят для разделения массы в процессе шлифования на ядро (туалетная

основа) и подмыльный клей. Температурные параметры мыльной массы до отстаивания должны быть не менее 100 °С. Продолжительность отстаивания составляет не менее двадцати четырех часов. По истечению шести часов отстаивания отбирают первую пробу верхней части слоя, последующие при необходимости (по результатам первого анализа). Продолжительность отстаивания проверяют анализом на содержание массовой доли жирных кислот, массовой доли хлористого натрия и массовой доли едкой щелочи в верхнем слое. Если образцы анализов верхней части слоя, полученные через шесть часов отстаивания, не соответствуют рекомендациям, предъявленным к основе туалетного мыла (содержание массовой доли жирных кислот не менее 60%), то производят вторичную шлифовку мыльной массы. После отстоя мыльной основы подмыльный клей перемещают в мыловаренный чан для подготовки к новым варкам туалетного мыла [10].

Слив мыльной основы

Готовая мыльная основа перемещается насосом в мылосборники цеха туалетных мыл для сушки и механической обработки. Нижний слой мыльной основы должен соответствовать требованиям физико-химическим показателям, приведенным в таблице 1.

Таблица 1.

Физико-химические показатели нижнего слоя мыльной основы

Table 1.

Physical and chemical indicators of the bottom layer of the soap base

Наименование параметров Name of parameters	Норма параметров для мыла марок Norm parameters for soap brands			
	"Нейтральное" "Neutral"	"Экстра" "Extra"	"Детское" "Baby"	"Ординарное" "Ordinary"
Содержание жирных кислот, %, не менее Fatty acid content, %, not less	61,0–61,5			
Содержание свободной едкой щелочи, %, не более Content of free caustic alkali, %, not more	–	0,16	0,15	0,18
Содержание хлористого натрия, %, не более Content of sodium chloride, %, not more than	0,65			

Температура мыльной основы перед перекачиванием в цех по производству туалетного мыла должна быть 78–92 °С. Перед началом перекачивания подмыльного клея и мыльной основы всасывающий и нагнетательный трубопроводы продувают паром в течение десяти – пятнадцати минут (до полного освобождения линии от предыдущего продукта). После этого осуществляют перекачку подмыльного клея в свободный мыловаренный котел или перекачку мыльной основы в мылосборники цеха по выработке туалетного мыла.

После окончания перекачивания мыльной основы в цех по выработке туалетного мыла трубопроводы для перекачивания мыльной основы продувают паром в течение двадцати – двадцати пяти минут (до полного освобождения линии от продукта) [4].

*Облагораживание подмыльного клея
(приготовления ядра)*

Приготовление ядра осуществляется в мыловаренном котле. Сборные клея туалетного мыла нагревают до кипения острым паром. Проводят анализ на содержание свободной щелочи, по результатам которого производят корректировку мыльной массы до содержания массовой доли щелочи 0,05–0,12%. Затем производят высолку подмыльного клея сухой поваренной солью, которую вводят в количестве, необходимом для разделения массы на ядро и подмыльный щелок [7]. После ввода каждой порции поваренной соли мыльную массу кипятят пятнадцать – двадцать минут до полного растворения и равномерного распределения в массе. Отсолка считается законченной, если мыло в котле приобретает зернистое строение

и в пробе на шпателе отчетливо видны зерна ядра, между которыми стекает подмыльный щелок. Масса отстаивается в мыловаренном котле не менее 2 часов для разделения на ядро и подмыльный щелок, который перекачивается в котел. Показатели подмыльного клея должны соответствовать следующим значениям: массовая доля жирных кислот – (50–52)%, массовая доля хлористого натрия – (1,5–2,0)%, температура застывания жирных кислот (титр) – по факту. Далее ядро шлифуют водой, которую подают из емкости для воды в количестве, необходимом чтобы масса приобрела однородную структуру. Получаем ядро на клею. Назначение операции – вымыть лишнюю соль. Содержимое котла отстаивают не менее 2 часов. Происходит разделение на ядро и подмыльный клей. Клей перекачивается на свободный котел для дальнейшей обработки. Полученное ядро при необходимости анализируется на содержание жирных кислот, свободной щелочи, поваренной соли и используется для варки основы туалетного мыла [6].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Николаев П.В., Козлов Н.А., Петрова С.Н. Основы химии и технологии производства моющих средств. Иваново, 2017. 117 с.
- 2 Спитз Л. Технология производства мыла. АОС ПРЕСС, Урбана, 2017. 472 с.
- 3 Товбин И.М., Залипо М.Н., Журавлев А.М. Производство мыла. М.: «Пищевая промышленность», 1976. 205 с.
- 4 Арутюнян Н.С., Корнена Е.П., Янова А.И. и др. Технология переработки жиров. М.: Пищепромиздат, 2015. 452 с.
- 5 Тютюнников Б.Н., Юхновский Г.Л., Маркман А.Л. Технология переработки жиров. М., 2015. 453 с.
- 6 Flick E.W. Cosmetic and Toiletry Formulations // A chemical industry quality assurance administrator and technical writer. 2016. V. 2. P. 1026.
- 7 Hazeltine B., Bul Field C. Guide to Appropriate Technology // Academic Press. 2017. P. 874.
- 8 Gehring W., Fluhr J., Gloor M. Influence of vitamin E acetate on stratum comeum hydratin. // Arzneimittelforschung, 2017. №48. P. 772–775.
- 9 Rosevear F.B. The Microscopy of the Liquid Crystalline Neat and Middle Phases of Soap and Synthetic Detergents // J. Am. Oil Chem. Soc. 2018. V. 31. P. 628–639.
- 10 Artmann C.I., Roding. M. G. Influence of Various Liposome Preparations on Skin Humidity // Parfumerie Kosmetik. 2017. P.326–327.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Екатерина Ю. Желтоухова к.т.н., доцент, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, katsturova@gmail.com
Елизавета Д. Кондрашина студент кафедры технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, lizakondrasina@gmail.com

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 18.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.08.2018

Фасовка туалетного мыла

Цех фасовки туалетного мыла вырабатывает продукцию за счет механической обработки высококачественного ядрового мыла (который состоит в основном из натриевых солей натуральных и синтетических жирных кислот) с добавлением красителей, ароматизирующих и отбеливающих веществ (или без них), пластификаторов, антиоксидантов и других компонентов, улучшающих потребительские и косметические свойства мыла, а также с добавлением антисептических и смягчающих средств (или без них) [8].

Заключение

В ходе работы была усовершенствована технологии производства основы туалетного мыла периодическим косвенным методом из нейтральных жиров, обладающего косметическими свойствами. Экспериментально были получены образцы мыла с введением физиологически функциональных веществ в состав рецептурных компонентов с целью сохранения исходных физиологически активных свойств.

REFERENCES

- 1 Nikolaev P.V., Kozlov N.A., Petrova S.N. Osnovy khimii i tekhnologii proizvodstva moiushchikh sredstv [Fundamentals of chemistry and production technology of detergents] Ivanovo, 2017. 117 p. (in Russian)
- 2 Spitz L. Tekhnologiya proizvodstva myla [Technology of production of soap] AOCS PRESS, Urbana, 2017. 472 p. (in Russian)
- 3 Tovbin I.M., Zaliopo M.N., Zhuravlev A.M. Proizvodstvo myla [Soap production] Moscow, "Food Industry", 1976. 205 p. (in Russian)
- 4 Harutyunyan N.S., Komen E.P., Yanova A.I. et al. Tekhnologiya pererabotki zhirov [Technology of processing fat]. Moscow, Pishpromizdat, 2015. 452 p. (in Russian)
- 5 Tyutyunnikov B.N., Yukhnovsky G.L., Markman A.L. Tekhnologiya pererabotki zhirov [Technology of processing of fats] Moscow, 2015. 453 p. (in Russian)
- 6 Flick E.W. Cosmetic and Toiletry Formulations. A chemical industry quality assurance administrator and technical writer. 2016. vol. 2. pp. 1026.
- 7 Hazeltine B., Bul Field C. Guide to Appropriate Technology. Academic Press. 2017. pp. 874.
- 8 Gehring W., Fluhr J., Gloor M. Influence of vitamin E acetate on stratum comeum hydratin. Arzneimittelforschung, 2017. no. 48. pp. 772–775.
- 9 Rosevear F.B. The Microscopy of the Liquid Crystalline Neat and Middle Phases of Soap and Synthetic Detergents. J. Am. Oil Chem. Soc. 2018. vol. 31. pp. 628–639.
- 10 Artmann C.I., Roding. M. G. Influence of Various Liposome Preparations on Skin Humidity. Parfumerie Kosmetik. 2017. pp. 326–327.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Ekaterina Yu. Zheltoukhova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology of fats, processes and devices of chemical and food production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, katsturova@gmail.com
Elizaveta D. Kondrashina student, technology of fats, processes and devices of chemical and food production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, lizakondrasina@gmail.com

CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The author declares no conflict of interest.

RECEIVED 7.18.2018

ACCEPTED 8.20.2018

Влияние геометрии рифлей опорной поверхности рабочих органов на самосортирование зерновых смесей

Александр М. Васильев	¹	fondprod@rambler.ru
Сергей А. Мачихин	²	smachexpert@rambler.ru
Алла Н. Стрелюхина	²	alstrel@rambler.ru
Александр А. Рындин	²	aleksandr-ryndin@rambler.ru

¹ МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127550, Россия

² Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия

Реферат. Статья посвящена обоснованию создания новых опорных поверхностей рабочих органов вибрационных сепарирующих машин, применение которых способствует повышению интенсивности одной из стадий процессов сепарирования – самосортирования. При исследовании влияния того или иного фактора на эффективность самосортирования эксперименты проводили с одной и той же зерновой смесью на рабочих поверхностях ограниченных с четырех сторон стенками при горизонтальных гармонических колебаниях горизонтальных рабочих поверхностей. В качестве модельной частицы была использована наиболее часто встречающаяся легкая примесь в зерне пшеницы – соломинка. Эксперименты посвящены определению времени всплывания легкой частицы в слое зерна пшеницы. Проведены эксперименты на рабочей поверхности с рифлями, образующими зигзагообразные каналы, рифлями переменной высоты, с расположением рифлей перпендикулярно направлению колебаний рабочего органа и с расположением рифлей под углом к направлению колебаний. В экспериментах варьировали толщину слоя зернового потока над рифлями и положение легкой частицы в слое относительно опорной поверхности, так чтобы можно было определять время всплывания легкой частицы через слой одной и той же толщины, но расположенный на различном расстоянии от рифлей опорной поверхности. Это позволило исключить влияние толщины слоя на время (скорость) всплывания легкой частицы и оценить влияние на интенсивность самосортирования (время всплывания) только рифлей опорной поверхности. Экспериментально доказано, что повышение эффективности процесса самосортирования на рабочей поверхности может быть обеспечено путем установки рифлей перпендикулярно направлению колебаний.

Ключевые слова: опорные поверхности, сепарирующие машины

Influence of geometry of corrugated base surface of working bodies on the sorting of grain mixes

Aleksandr M. Vasiliev	¹	fondprod@rambler.ru
Sergei A. Machikhin	²	smachexpert@rambler.ru
Alla N. Strelyukhina	²	alstrel@rambler.ru
Aleksandr A. Ryndin	²	aleksandr-ryndin@rambler.ru

¹ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russia

² Moscow State University of Food production, Volokolamskoe Highway, 11, Moscow, 125080, Russia

Summary. The article is devoted to the substantiation of the creation of new bearing surfaces of the working bodies of vibration separating machines, the use of which contributes to an increase in the intensity of one of the stages of the separation processes - self-sorting. When studying the influence of one or another factor on the efficiency of self-sorting, experiments were carried out with the same grain mixture on the working surfaces bounded on four sides by the walls with horizontal harmonic oscillations of the horizontal working surfaces. The most common light particle was used as a model particle. an impurity in the wheat grain is a straw. Experiments are devoted to determining the time of the emergence of a light particle in a layer of wheat grain. Experiments were carried out on the working surface with grooves forming zigzag channels, grooves of variable height, with the arrangement of the flute perpendicular to the direction of oscillation of the working member and with the arrangement of the flute at an angle to the direction of oscillation. In the experiments, the thickness of the grain flow layer above the grooves and the position of the light particle in the layer relative to the supporting surface were varied, so that the time when the light particle emerges through the layer of the same thickness but located at different distances from the flute of the supporting surface. This made it possible to eliminate the influence of the layer thickness on the time (speed) of the ascent of the light particle and to estimate the effect on the self-sorting intensity (the ascent time) only on the flute of the support surface. It has been experimentally proved that an increase in the efficiency of the self-sorting process on the working surface can be achieved by installing a flute perpendicular to the direction of oscillation.

Keywords: bearing surfaces, separating machines

В процессах сепарирования действие вибраций на сыпучее тело проявляется, во-первых, в разрыхлении и самосортировании, во-вторых, в обеспечении направленного в среднем движения сыпучей среды относительно вибрирующей поверхности, в так называемой подаче, обеспечивающей непрерывность процесса [1-3].

Для цитирования

Васильев А.М., Мачихин С.А., Стрелюхина А.Н., Рындин А.А. Влияние геометрии рифлей опорной поверхности рабочих органов на самосортирование зерновых смесей // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 26–30. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-26-30

Если сыпучее тело находится на горизонтальной однородно шероховатой поверхности, совершающей горизонтальные гармонические колебания, то тело будет совершать колебательное движение, перемещаясь относительно поверхности на одинаковые расстояния в прямом

For citation

Vasilyev A.M., Machyhin S.A., Streljuhina A.N., Ryndin A.A. Influence of geometry of corrugated base surface of working bodies on the sorting of grain mixes. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 26–30. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-26-30

и обратном направлениях. Следовательно, в этом случае отсутствует направленное в среднем перемещение относительно колеблющейся поверхности. Вибрационное перемещение проявляется в симметричном колебательном движении относительно поверхности. Такой вариант вибрационного воздействия на обрабатываемый материал не представляет практического интереса. Он может быть использован при экспериментальных исследованиях явлений, происходящих в сыпучей среде под действием вибраций. Следует заметить, что во многих, вариантах исполнения опорной поверхности имеет место одинаковая шероховатость поверхности при движении частиц сыпучего тела под действием вибраций в прямом и обратном направлениях. Это условие было использовано при проведении экспериментальных исследований процесса самосортирования. Эксперименты проведены на рабочих поверхностях ограниченных с четырех сторон стенками при горизонтальных гармонических колебаниях горизонтальных рабочих поверхностей. Вследствие отсутствия направленного в среднем движения частиц толщина зернового слоя оставалась постоянной по всей площади опорной поверхности. При исследовании влияния того или иного фактора на эффективность самосортирования эксперименты проводили с одной и той же зерновой смесью. Это позволило исключить влияние свойств зерновой смеси и оценить только действие исследуемого фактора на эффективность процесса самосортирования. Основным показателем интенсивности самосортирования [1] является скорость вертикального движения (всплывания или погружения) в слое зернового потока частиц, отличающихся от окружающих плотностью и размерами. При горизонтальных колебаниях рабочей поверхности сила, действующая на частицы зерновой смеси со стороны поверхности направлена вдоль неё. Эта сила может вызвать только движение частиц зерновой смеси вдоль поверхности и не оказывает влияния на вертикальное движение частиц смеси. Следовательно, в этом случае на эффективность самосортирования оказывает влияние только конфигурация опорной поверхности рабочего органа [4]. Последнее утверждение справедливо ещё и потому, что эксперименты проведены на горизонтальной поверхности. В случае её наклона к горизонтали появляется вертикальная составляющая силы воздействия поверхности на частицы зерновой смеси, которая оказывает влияние на вертикальное движение частиц сыпучего тела.

Очевидно, что обоснования, утверждающие о повышении эффективности процесса самосортирования при выполнении рифлей переменной высоты и установки рифлей перпендикулярно направлению колебаний рабочей поверхности требуют экспериментального подтверждения [5-8]. Эксперименты посвящены определению времени всплывания легкой частицы в слое зерна пшеницы. В качестве модельной частицы была использована наиболее часто встречающаяся легкая примесь в зерне пшеницы – соломинка [9-10].

В экспериментальных исследованиях, подтверждающих целесообразность выполнения рифлей переменной высоты определяли время всплывания легкой частицы из нижних слоев зерновой смеси. На рисунке 1 представлена схема рабочего органа и два различных положения модельной (меченой) частицы в слое зерновой смеси. В одном положении частица расположена на рифлях, в другом на некотором расстоянии от рифлей. На рисунке приняты следующие обозначения: h_p – высота рифлей; h_{cl} – высота слоя зерносмеси над рифлями; h_q – расстояние, на котором модельная частица расположена над рифлями. Согласно принятым обозначениям толщина слоя h_b , через который происходит всплывание легкой частицы в верхний слой (перемещение частицы в вертикальном направлении), может быть определена по формуле $h_b = h_{cl} - h_q$. Заметим, что при $h_q = 0$ (легкая частица расположена на рифлях, на нижнем слое, заполняющем пространство между рифлями) $h_b = h_{cl}$, то есть величина вертикального перемещения частицы при всплывании равна высоте слоя зерносмеси над рифлями.

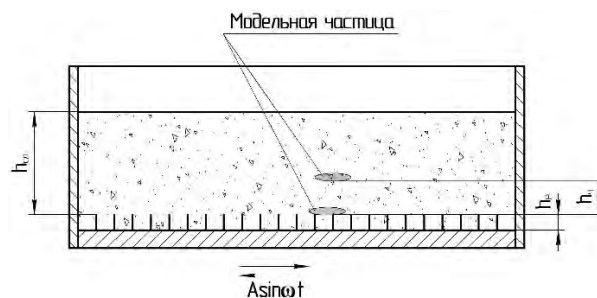


Рисунок 1. Схема рабочего органа и положения модельной частицы в слое зерновой смеси при исследовании процесса самосортирования с целью обоснования целесообразности выполнения рифлей переменной высоты

Figure 1. The scheme of the working body and the position of the model particle in the layer of grain mixture in the study of the process of the sorting to substantiate the feasibility of the performance of corrugated variable heights

Эксперименты проведены на рабочей поверхности с рифлями, образующими зигзагообразные каналы (рисунок 2). На рисунке не показаны одна боковая и одна торцевая стенки. Угол установки пластин к направлению колебаний поверхности составил $\gamma = 45^\circ$. В экспериментах использовали две поверхности, отличающиеся высотой рифлей h_p : первая поверхность имела высоту рифлей, равную $h_p = 5$ мм; вторая поверхность – $h_p = 10$ мм. Шаг рифлей составлял 10 мм.

В экспериментах варьировали толщину слоя зернового потока над рифлями и положение легкой частицы в слое относительно опорной поверхности, так чтобы можно было определять время всплывания легкой частицы через слой одной и той же толщины, но расположенный на различном расстоянии от рифлей опорной поверхности. Это позволяет исключить влияние толщины слоя на время (скорость) всплывания легкой частицы и оценить влияние на интенсивность самосортирования (время всплывания) только рифлей опорной поверхности.

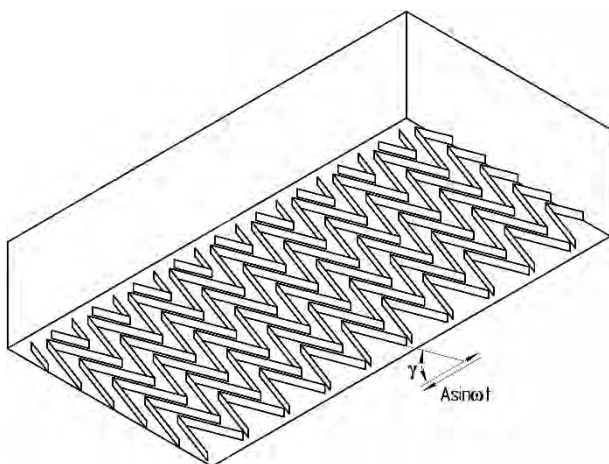


Рисунок 2. Рабочая поверхность с рифлями, образующими зигзагообразные каналы

Figure2. Working surface with corrugated base forming zigzag channels

В экспериментах меченую легкую частицу помещали либо на рифли, либо на некотором расстоянии от рифлей под слой зерна, включали установку и по секундомеру определяли время её всплывания в верхний слой. Эксперименты проведены при некотором реальном сочетании амплитуды и частоты колебаний опорной поверхности. В первой серии экспериментов определяли время всплывания легкой частицы через слой $h_B = 30$ мм при следующих условиях: толщина слоя над рифлями $h_{cl} = 30$ мм; толщина слоя над рифлями $h_{cl} = 40$ мм. В первом

случае легкую частицу укладывали на рифли ($h_q = 0$) под слой зерна. Во втором случае – на расстоянии $h_q = 10$ мм от рифлей под слой зерна. Таким образом, в обоих случаях определяли время всплывания легкой частицы через слой толщиной $h_B = 30$ мм. На поверхности с высотой рифлей $h_p = 5$ мм в первом случае время всплывания составило 16,33 с, во втором случае – 23,03 с, то есть в первом случае (легкая частица лежит на рифлях) частица проходит слой толщиной $h_B = 30$ мм в 1,41 раза быстрее, чем во втором случае (частица расположена на расстоянии $h_q = 10$ мм от рифлей). На поверхности с высотой рифлей $h_p = 10$ мм в первом случае время всплывания составило 13,97 с, во втором – 22,25 с, то есть в первом случае частица проходит слой толщиной $h_B = 30$ мм в 1,59 раза быстрее, чем во втором случае. Это является доказательством того, что, во-первых, с наибольшей интенсивностью процесс самосортирования происходит в слое зерносмеси, непосредственно контактирующем с рифлями, во-вторых, с увеличением высоты рифлей увеличивается их тормозящее воздействие на нижний слой зернового потока. Последнее обстоятельство свидетельствует о повышении интенсивности послынного движения зернового потока, а значит о повышении эффективности самосортирования зерновой смеси.

В следующей серии экспериментов было определено время всплывания легкой частицы через слой толщиной $h_B = 20$ мм на опорной поверхности с высотой рифлей $h_p = 10$ мм для трех различных начальных положений частицы в зерновом слое: частица находилась под слоем зерна на рифлях ($h_q = 0$); частица находилась под слоем зерна на расстоянии $h_q = 10$ мм от рифлей; частица находилась под слоем зерна на расстоянии $h_q = 20$ мм от рифлей. Следует заметить, что толщина зернового потока над рифлями составляла: в первом случае – $h_{cl} = 20$ мм; во втором случае – $h_{cl} = 30$ мм; в третьем – $h_{cl} = 40$ мм. Время всплывания соответственно составило: в первом случае – 4,27 с; во втором случае – 6,68 с; в третьем случае – 9,64 с. Средняя скорость всплывания легкой частицы через слой толщиной 20 мм для различных начальных положений частицы составила: в первом случае – 0,00468 м/с; во втором случае – 0,00299 м/с; в третьем случае – 0,00207 м/с.

Анализ результатов экспериментов позволяет сделать вывод: интенсивность самосортирования различна по толщине зернового потока, чем дальше слои отстоят от рифлей опорной поверхности, тем меньше в них интенсивность самосортирования. Следовательно, обеспечивать высокую интенсивность самосортирования в различных по толщине слоях зернового потока можно путем выполнения на рабочей поверхности рифлей переменной высоты. При этом, высокая интенсивность самосортирования обеспечивается в различных слоях зернового потока на различных участках по длине рабочей поверхности. Высота рифлей может либо увеличиваться в направлении движения зернового потока вдоль рабочей поверхности, либо уменьшаться. Это зависит от осуществляемого на рабочем органе процесса сепарирования.

Следующая серия экспериментов посвящена доказательству целесообразности выполнения рифлей в виде прямоугольных пластин, расположенных перпендикулярно направлению колебаний рабочей поверхности. Эксперименты проведены на двух различных поверхностях (рисунок 3). Будем считать первой поверхностью – поверхность с расположением рифлей

перпендикулярно направлению колебаний рабочего органа (рисунок 3, б). Второй поверхностью – поверхность с расположением рифлей под углом $\gamma = 45^\circ$ к направлению колебаний (рисунок 3, а). Исследовали влияние на время всплывания легкой частицы амплитуды и частоты колебаний опорной поверхности. Амплитуду колебаний меняли в пределах от 4 до 10 мм, частоту колебаний – в пределах от 310 до 510 мин⁻¹. Эксперименты проведены для двух значений толщины слоя зерновой смеси – 30 и 35 мм. Установлено, что при одинаковых сочетаниях амплитуды и частоты колебаний опорной поверхности и одинаковой толщине слоя зерносмеси время всплывания легкой частицы всегда меньше на первой поверхности, то есть на поверхности при расположении рифлей перпендикулярно направлению колебаний. При толщине слоя 30 мм время всплывания легкой частицы на первой поверхности в среднем в 1,5 раза меньше, чем на второй поверхности. При толщине слоя 35 мм легкая частица на первой поверхности всплывает в среднем в 1,65 раз быстрее, чем на второй поверхности.

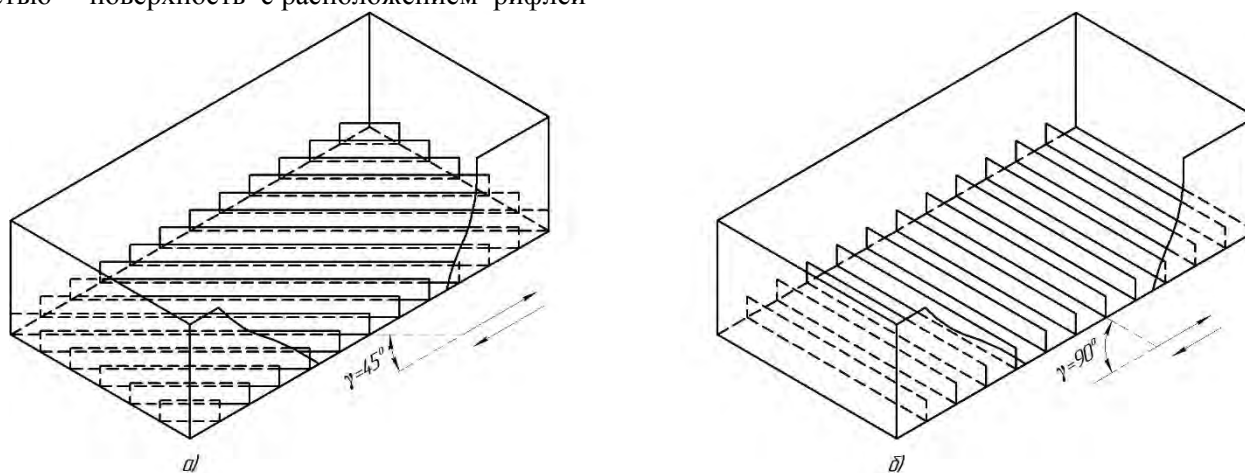


Рисунок 3. Схема рабочего органа для исследования процесса самосортирования: а) рифли расположены под углом $\gamma = 45^\circ$ к направлению колебаний; б) рифли расположены перпендикулярно к направлению колебаний ($\gamma = 90^\circ$)

Figure 3. The scheme of the working body for the study of the process of sorting: а) corrugated bases are located at an angle $\gamma = 45^\circ$ to the direction of oscillations; б) corrugated bases are perpendicular to the direction of oscillations ($\gamma = 90^\circ$)

При увеличении слоя зерновой смеси время всплывания увеличивается на обеих поверхностях, но на первой поверхности в меньшей степени. Так, например, при амплитуде колебаний 4 мм с увеличением толщины слоя с 30 до 35 мм время всплывания на первой поверхности увеличивается в 1,4 раз, а на второй поверхности в 1,6 раз. Аналогичное влияние на время всплывания оказывают амплитуда и частота колебаний. С увеличением

амплитуды или частоты в области исследованных значений время всплывания уменьшается. При этом, на первой поверхности время всплывания уменьшается в большей степени, чем на второй поверхности.

Экспериментально доказано, что повышение эффективности процесса самосортирования на рабочей поверхности может быть обеспечено путем установки рифлей перпендикулярно направлению колебаний.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Гортинский В.В., Демский А.Б., Борискин М.А. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях. М.: Колос, 1980. 304 с.
- 2 Родионова Н.С., Дерканосова А.А. Изучение потребительских свойств композитных смесей для мучных кондитерских изделий // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2012. №1. С. 98-99. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2012-1-98-99>
- 3 Остриков А.Н., Афанасьев В.А., Мануйлов В.В. Разработка технологии зерновых хлопьев для комбикормов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. №79(1). С. 15-21. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-1-15-21>
- 4 Godlewski S. et al. Supramolecular ordering of PTCDA molecules: The key role of dispersion forces in an unusual transition from physisorbed into chemisorbed state // ACS nano. – 2012. V. 6. №. 10. P. 8536-8545.
- 5 Mikulionok I. O. Pretreatment of recycled polymer raw material // Russian Journal of Applied Chemistry. 2011. V. 84. №. 6. P. 1105-1113.
- 6 Hopkins J. C. et al. Disentangling the effects of shape and dielectric response in van der Waals interactions between anisotropic bodies // The Journal of Physical Chemistry C. 2015. V. 119. №. 33. P. 19083-19094.
- 7 Tawfik S. et al. Engineering of Micro-and Nanostructured Surfaces with Anisotropic Geometries and Properties // Advanced Materials. 2012. V. 24. №. 13. P. 1628-1674.
- 8 Eserbat-Plantey A. et al. Strain superlattices and macroscale suspension of graphene induced by corrugated substrates // Nano letters. – 2014. V. 14. №. 9. P. 5044-5051.
- 9 Khan M. A., Nadeem M. A., Idriss H. Ferroelectric polarization effect on surface chemistry and photo-catalytic activity: A review // Surface Science Reports. 2016. V. 71. №. 1. P. 1-31.
- 10 Ruths M., Israelachvili J. N. Surface forces and nanorheology of molecularly thin films // Springer Handbook of Nanotechnology. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010. P. 857-922.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Александр М. Васильев к.т.н., доцент, МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127550, Россия, fondprod@rambler.ru

Сергей А. Мачихин д.т.н., профессор, МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127550, Россия, smachexpert@rambler.ru

Алла Н. Стрелюхина д.т.н., профессор, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия, alstrel@rambler.ru

Александр А. Рындин старший преподаватель, кафедра технологии броидильных производств и виноделия, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе, 11, г. Москва, 125080, Россия, aleksandr-ryndin@rambler.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Александр М. Васильев предложил методику проведения эксперимента

Сергей А. Мачихин обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты

Алла Н. Стрелюхина консультация в ходе исследования

Александр А. Рындин написал рукопись, редактировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 01.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.08.2018

REFERENCES

- 1 Gortinskij V.V., Demskij A.B., Boriskin M.A. Processy separirovaniya na zernopererabatyvajushhih predpriyatiyah [Processes of separation on the grain processing enterprises] Moscow, Kolos, 1980. 304 p. (in Russian)
- 2 Rodionova N.S., Derkanosova A.A. Studying of consumer properties composit mixes for the flour confectionery. *Vestnik VGUET* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies] 2012. no. 1. pp. 98-99. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2012-1-98-99> (in Russian)
- 3 Ostrikov A.N., Afanasiev V.A., Manuilov V.V. Development of cereals for animal feed technology. *Vestnik VGUET* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies] 2017. no. 79(1). pp. 15-21. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-1-15-21> (in Russian)
- 4 Godlewski S. et al. Supramolecular ordering of PTCDA molecules: The key role of dispersion forces in an unusual transition from physisorbed into chemisorbed state. *ACS nano*. 2012. vol. 6. no. 10. pp. 8536-8545.
- 5 Mikulionok I. O. Pretreatment of recycled polymer raw material. *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2011. vol. 84. no. 6. pp. 1105-1113.
- 6 Hopkins J. C. et al. Disentangling the effects of shape and dielectric response in van der Waals interactions between anisotropic bodies. *The Journal of Physical Chemistry C*. 2015. vol. 119. no. 33. pp. 19083-19094.
- 7 Tawfik S. et al. Engineering of Micro-and Nanostructured Surfaces with Anisotropic Geometries and Properties. *Advanced Materials*. 2012. vol. 24. no. 13. pp. 1628-1674.
- 8 Eserbat-Plantey A. et al. Strain superlattices and macroscale suspension of graphene induced by corrugated substrates. *Nano letters*. 2014. vol. 14. no. 9. pp. 5044-5051.
- 9 Khan M. A., Nadeem M. A., Idriss H. Ferroelectric polarization effect on surface chemistry and photo-catalytic activity: A review. *Surface Science Reports*. 2016. vol. 71. no. 1. pp. 1-31.
- 10 Ruths M., Israelachvili J. N. Surface forces and nanorheology of molecularly thin films. *Springer Handbook of Nanotechnology*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010. pp. 857-922.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Aleksandr M. Vasiliev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russia, fondprod@rambler.ru

Sergei A. Machikhin Dr. Sci. (Engin.), professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russia, smachexpert@rambler.ru

Alla N. Strelyukhina Dr. Sci. (Engin.), professor, Moscow State University of Food production, Volokolamskoe Highway, 11, Moscow, 125080, Russia, alstrel@rambler.ru

Aleksandr A. Ryndin senior lecturer, Department of technology for fermentation and winemaking, Moscow State University of Food production, Volokolamskoe Highway, 11, Moscow, 125080, Russia, aleksandr-ryndin@rambler.ru

CONTRIBUTION

Aleksandr M. Vasiliev proposed a scheme of the experiment and organized production trials

Sergei A. Machikhin review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Alla N. Strelyukhina consultation during the study

Aleksandr A. Ryndin wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.1.2018

ACCEPTED 8.20.2018

Разработка комбинированного способа бланширования ската звёздчатого

Ольга А. Голубева¹ Golubevaola@mstu.edu.ru
Владислав Л. Астромович¹ prosto_sahar@mail.ru

¹ Мурманский государственный технический университет, ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, 183010, Россия

Реферат. Обоснована возможность применения комбинированного способа бланширования (вода-пар) для ската звёздчатого. Предложенный способ полностью исключает процесс предварительной отмочки и, как следствие, оводнение мяса ската. Разработанная экспериментальная установка, защищённая патентом, может быть использована для исследования процесса бланширования водой, паром или комбинированным способом сырья как растительного, так и животного происхождения. Планирование эксперимента проведено методом комбинаторных квадратов. В качестве варьируемых параметров выбраны: температура воды, изменявшаяся в диапазоне от 70 до 95 °С с шагом 5 °С, и длительность обработки водой, изменявшаяся от 1 до 5 мин с шагом 1 мин. Эффективность удаления мочевины из мяса ската звёздчатого подтверждена экспериментально сравнением её массовой доли в мышечной ткани ската до и после предварительной тепловой обработки. Содержание мочевины определялось модифицированным фотоколориметрическим методом по ГОСТ Р 50032-92 "Мука кормовая из рыбы, морских млекопитающих, ракообразных и беспозвоночных. Методы определения массовой доли карбамида и расчета сырого протеина с учетом массовой доли карбамида" с учетом особенностей исследуемого продукта. Для промышленного применения может быть рекомендован следующий режим комбинированного бланширования (вода – пар): гидромодуль 1:9, длительность обработки водой 180 с (3 мин) при температуре воды 90 °С с последующей обработкой паром в течение 150 с (2,5 мин) при температуре пара 100 °С. Выбранный режим имеет эффективность 42,5%, практически равную эффективности других способов бланширования ската звёздчатого, при более высоком выходе полуфабриката, равном 88,8%. Полученный полуфабрикат может быть рекомендован как для приготовления кулинарной продукции, так и для производства консервов из ската звёздчатого.

Ключевые слова: комбинированный способ бланширования, гидромодуль, удаление мочевины, потери массы, скат звёздчатый

Development of the combined method of blanching the stingray stellate

Olga A. Golubeva¹ Golubevaola@mstu.edu.ru
Vladislav L. Astramovich¹ prosto_sahar@mail.ru

¹ Murmansk state technical university, Sportivnaya Str., 13, Murmansk, 183010, Russia

Summary. The possibility of applying a combined blanching method (water-steam) for the stingray stellate is substantiated. The proposed method completely excludes the process of preliminary wetting and, as a consequence, the flooding of stingray meat. The developed experimental installation protected by a patent and can be used to study the process of blanching with water, steam or a combined method of raw materials of both plant and animal origin. The experiment has been planned by the method of combinatorial squares. The following parameters were chosen as variable parameters: water temperature, varying in the range from 70 to 95 °C with the step of the experiment 5 °C. The duration of water treatment has been varied from 1 to 5 minutes with the step of experiment in 1 minute. The efficiency of removal of urea from the stingray stellate meat was confirmed experimentally by comparing its mass fraction in muscle skate tissue before and after preliminary heat treatment. Urea content was determined by a modified photo colorimetric method in accordance with GOST R 50032-92 "Feed meal from fish, marine mammals, crustaceans and invertebrates." Methods for determining the carbamide mass fraction and calculating the crude protein taking into account the mass fraction of carbamide taking into account features of the investigated product. The following mode of combined blanching (water-steam) could be recommended for industrial use: 1: 9 water module, water treatment time 180 s (3 min) at a water temperature of 90 °C with subsequent treatment steam for 150 s (2.5 min) at a steam temperature of 100 °C. The selected regime has an efficiency of 42.5% that almost equal to the efficiency of other ways of blanching the stingray and a higher yield of the semi-finished product equal to 88.8%. The resulting semi-finished product can be recommended for preparing from stingray the culinary products and the canning.

Keywords: combined blanching method, hydromodule, urea removal, mass loss, stingray stellate

Введение

Значительное количество видов гидробионтов Северного бассейна до сих пор не нашло должного использования в пищевых целях. Одним из представителей недоиспользованных видов рыб Северного бассейна является скат звёздчатый – *Raja radiata* (отряд ромботелые - Rajiformes, семейство ромбовые скаты - Rajidae, род *Raja*)

Ценность ската звёздчатого обусловлена содержанием в готовом продукте хондроитин-сульфата, что позволяет характеризовать его как обогащенный компонентом, в отношении

которого доказаны профилактические и лечебные эффекты - противоопухолевый и противовоспалительный [1-6].

Одна из главных проблем, сдерживающих промышленную переработку столь ценного сырья на пищевые цели состоит в необходимости удаления из него мочевины с максимальным сохранением белков [7,8]. В ФГБОУ ВО «Мурманский государственный технический университет» (МГТУ) разработан способ удаления мочевины путём отмачивания. Однако при отмачивании происходит оводнение мяса ската,

Для цитирования

Голубева О.А., Астромович В.Л. Разработка комбинированного способа бланширования ската звёздчатого // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 31–36. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-31-36

For citation

Golubeva O.A., Astramovich V.L. Development of the combined method of blanching the stingray stellate. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 31–36. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-31-36

а также уменьшается содержание водорастворимых белков и аминокислот, резко повышается обсемененность мяса ската микроорганизмами, уменьшается его водоудерживающая способность, активизируются гидролитические процессы белков, жиров. Все это влечет за собой ухудшение функционально-технологических свойств [7, 9].

Свойство мочевины легко подвергаться тепловому разложению при температуре выше 60 °С использовано на кафедре технологий пищевых производств МГТУ при разработке способа удаления карбамида при бланшировании ската звёздчатого водой, что позволило отказаться от длительной операции отмоки размороженного полуфабриката, заменив её на кратковременное отмачивание при размораживании в воде. Разработанный способ бланширования водой отличается простотой исполнения, обеспечивает удаление мочевины ниже разрешённого для готового продукта порогового значения в 1,2%, а также упрощается процесс разделки ската при сохранении полезных соединений тканей, нечувствительных к действию высоких температур бланширования [9]. Однако ограниченный диапазон рабочих температур воды приводит к ограничению диапазона потерь массы сырья.

Использование для бланширования ската только острого пара признано нецелесообразным, поскольку имеют место ухудшение органолептических свойств полуфабриката (размягчение мышечной ткани) и недопустимо высокие потери жира [7].

На основании вышеизложенного было предложено разработать комбинированный способ бланширования ската звёздчатого с использованием в качестве теплоносителя сначала воды в расширенном диапазоне температур, затем пара с целью достижения наименьших и наибольших потерь массы сырья при одновременном удалении мочевины ниже порогового значения [10, 11].

1.1 Материалы и методы исследований

1.1.1 Объект исследования и его подготовка

В качестве объекта исследования были выбраны крылья ската мороженого по ТУ 9261-028-00038155-02 «Скат мороженный полуфабрикат для промышленной переработки».

Сырьё предварительно размораживалось воздушным способом в течение 24 часов при температуре 4 °С. Удельная поверхность образцов определялась как отношение площади полной поверхности образца к его массе.

1.1.2 Конструкция и порядок работы экспериментальной установки

Для разработки рациональных режимов комбинированного способа бланширования была сконструирована и изготовлена экспериментальная установка [12].

Технической задачей установки является обеспечение проведения комбинированного способа бланширования или бланширования в каждом из теплоносителей (воды или пара) в отдельности, а также упрощение проведения процесса бланширования с целью уменьшения временных затрат на эксперимент по получению данных для определения рационального режима бланширования сырья.

Установка периодического действия (рисунки 1-3) отличается:

- наличием двух зон для обработки сырья;
- упрощенной конструкцией рабочего органа;
- наличием термостата для регулирования температуры теплоносителя.

Экспериментальная установка имеет прямоугольный корпус 1, который разделен на две рабочие зоны перегородкой 6. В одной из зон установлен паровой коллектор 4 с перфорированными отводами для обработки сырья паром, в другой зоне установлен ТЭН 9 для нагревания воды до заданной температуры. Блок термостата и отводы контактов ТЭНа защищены кожухом 7.

Сырьё помещается в съемную корзину 12, затем носитель с сырьем располагается на коленчатом валу 5. Установка закрывается крышкой 2 с ручками 3 и смотровым окном 10. После чего коленчатый вал вращается за ручку 11, перемещая корзину с сырьем либо в зону обработки паром, либо в зону обработки водой. Коленчатый вал опускается до нужной высоты, опираясь на стопора 13.

Температура воды регулируется с помощью капиллярного термостата 8.

После окончания обработки носитель с бланшированным полуфабрикатом удаляется из установки и направляется на дальнейшую обработку.

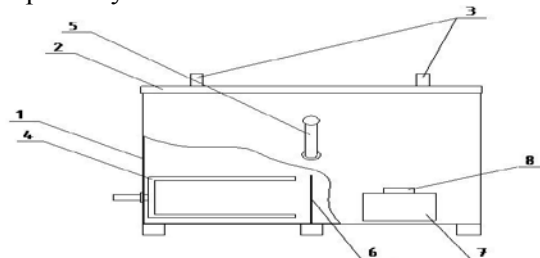


Рисунок 1. Фронтальный вид экспериментальной установки

Figure 1. Frontal view of the experimental installation

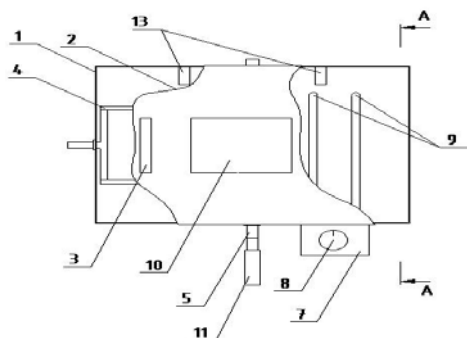


Рисунок 2. Вид установки сверху

Figure 2. Top view of installation

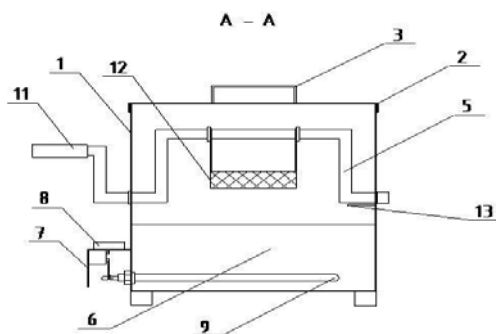


Рисунок 3. Разрез А-А

Figure 3. Section A-A

Температура воды, пара, центра и поверхности образца измерялась мультиметрами, время бланширования в каждой из сред фиксировалось секундомером. Масса каждого образца фиксировалась при помощи электронных весов с диапазоном до 600 г и точностью 0,01 г до и после бланширования для определения потери массы.

Процесс бланширования считался законченным при достижении температуры в центре образца $(60 \pm 1)^\circ\text{C}$, что соответствовало достаточным условиям термического разложения мочевины. Далее проводилась выдержка образца при этой температуре в течение 1 мин [5, 10].

1.1.3 Оценка эффективности удаления мочевины

Эффективность удаления мочевины из мяса ската звёздчатого подтверждалась экспериментально сравнением её массовой доли в мышечной ткани ската до и после предварительной тепловой обработки. Содержание мочевины определялось модифицированным фотоколориметрическим методом по ГОСТ Р 50032-92 "Мука кормовая из рыбы, морских млекопитающих, ракообразных и беспозвоночных. Методы определения массовой доли карбамида и расчета сырого протеина с учетом массовой доли карбамида» с учетом особенностей исследуемого продукта [13].

1.1.4 Планирование эксперимента

Планирование эксперимента было произведено по методу комбинаторных квадратов [14]. Температура пара поддерживалась постоянной и равной 100°C . Варьируемые параметры изменялись в диапазоне: температура воды - от 70 до 95°C с шагом 5°C , длительность обработки водой - от 1 до 5 мин с шагом 1 мин.

Выбор интервалов варьирования параметров обусловлен технологическими условиями процесса бланширования и эффективности удаления мочевины.

1.5 Обработка данных и оценка адекватности модели

Статистическая обработка результатов экспериментов по определению потерь массы методом нелинейной регрессии проводилась при помощи программы DataFit версия 9.1.32. Адекватность математических моделей определялась критерием Фишера и коэффициентом детерминации [14]. Функцией отклика являлась потеря массы, процент, а варьируемыми факторами: температура воды x_1 , $^\circ\text{C}$; время обработки водой x_2 , с.

1.2 Результаты исследований

Сложность проведения экспериментальных исследований выражалась в невозможности обеспечения одинаковых геометрических размеров исследуемых образцов. В ходе дополнительно проведённого анализа удельной поверхности сырья был выделен диапазон $(0,2560 \pm 0,05) \text{ м}^2/\text{кг}$, составивший 75% от общего количества образцов, содержащихся в блоке сырья массой 10 кг.

В ходе предварительных исследований были определены два гидро модуля (соотношение рыба:вода) 1:9 и 1:15, которые могут быть рекомендованы для промышленных бланширователей.

При проведении экспериментов исследовано 47 режимов. В остальных режимах комбинированное бланширование (вода-пар) из-за высоких температур воды сводилось к бланшированию только водой.

1.2.1 Уравнение регрессии и поверхности отклика

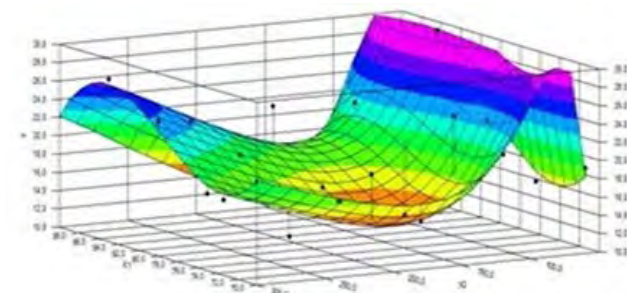
В результате реализации плана эксперимента и обработки полученных данных было найдено уравнение регрессии, адекватно описывающее влияние температуры воды и длительности обработки водой на потери массы

ската звёздчатого при бланшировании комбинированным способом (вода–пар):

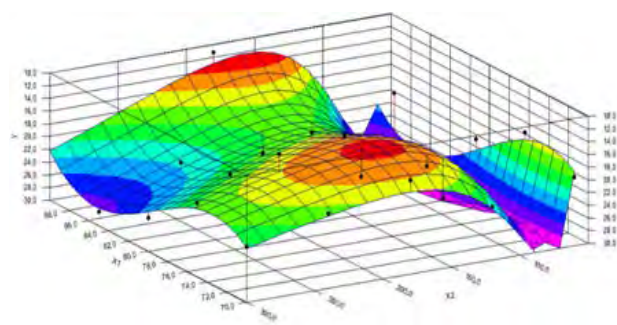
$$y_1 = a + bx_1 + dx_1^2 + e/x_2^2 + fx_1/x_2 + gx_1^3 + h/x_2^3 + ix_1/x_2^2. \quad (1)$$

где $a, b, c, d, e, f, g, h, i$ – коэффициенты уравнения регрессии; x_1 и x_2 – масштабированные значения факторов, которые определяют функцию отклика и поддаются варьированию.

Коэффициенты для уравнения нелинейной регрессии (1) при вероятности 95% представлены в таблице 1, а поверхности отклика факторного пространства – на рисунках 4 и 5, соответственно.



вид a
view a



вид b (повёрнуто)
view b (rotated)

Рисунок 4. Поверхность отклика факторного пространства (вид a , вид b (повёрнуто)) потерь массы сырья y , процент при гидромодуле 1:9 в зависимости от: температуры воды x_1 , °C и времени обработки водой x_2 , с

Figure 4. Surface response of the factor space (type a , type b (rotated)) mass loss of raw materials y , percentage for the hydromodule 1: 9, depending on: water temperature x_1 , °C and water treatment time x_2 , s

Для гидромодуля 1:9 при $p=0,95$ критерий Фишера $F_{\text{факт}} = 5,99$ ($F_{\text{табл}} = 3,52$), коэффициент детерминации $R^2 = 0,62$. Таким образом, модель принята допустимой, адекватной, все коэффициенты уравнения – значимы.

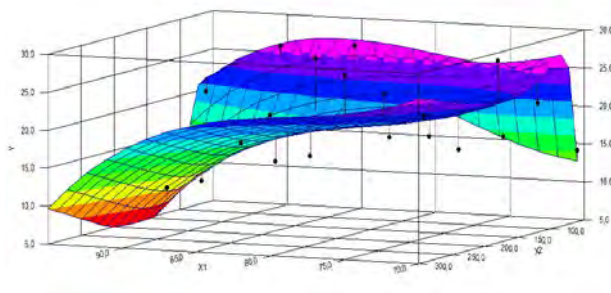


Рисунок 5. Поверхность отклика факторного пространства потерь массы сырья y , процент при гидромодуле 1:15 в зависимости от: температуры воды x_1 , °C и времени обработки водой x_2 , с.

Figure 5. The response surface of the factor space of mass loss of raw materials y , the percentage of the hydromodule 1:15 depending on: water temperature x_1 , °C and water treatment time x_2 , s.

Таблица 1.

Коэффициенты уравнения регрессии

Table 1.

Coefficients of the Regression Equation

Коэффициент Coefficient	Гидромодуль 1:9	Hydromodule 1:15
a	4565,240	3214,890
b	174,295	118,529
d	2,209	1,451
e	1148490	1838927
f	181,794	291,465
g	0,009	0,006
h	63486298	98580536
i	9213,603	12836,200

Для гидромодуля 1:15 при $p=0,95$ критерий Фишера $F_{\text{факт}} = 5,02$ ($F_{\text{табл}} = 3,44$), коэффициент детерминации $R^2 = 0,64$. Таким образом, модель принята допустимой, адекватной, все коэффициенты уравнения – значимы.

1.2.2 Поиск оптимальных режимных параметров процесса

Для представленных поверхностей отклика факторного пространства методом дифференцирования (т.е. нахождения экстремумов) определены режимы для получения наименьших и наибольших потерь массы бланшированного полуфабриката, представленные в таблице 2. Теоретически полученные значения потерь массы в точках экстремума подтверждены экспериментальными данными.

Таблица 2.

Эффективность способа комбинированного бланширования (вода–пар) на режимах с максимальными и минимальными потерями массы

Table 2.

The efficiency of the combined blanching method (water-steam) in regimes with maximum and minimum weight loss

Гидро модуль (рыба–вода) Hydromodule (fish–water)	Длительность обработки, с Duration of processing, s		Температура теплоносителя, °C Temperature of coolant, °C		Потери массы, % Mass loss, %	Выход полуфабри- ката, % Output semi-finished product, %	Эффективность удаления мочевины при ПТО (бланширование вода–пар) с учётом потерь массы полуфабриката, % Efficiency removal of urea at PTO (blanching water-steam) taking into account the mass loss semi-finished products, %
	Вода Water	Пар Steam	Вода Water	Пар Steam			
1:9	60	190	85	100	29,62	70,38	39,00
	180	150	90	100	11,2	88,8	42,50
1:15	300	65	75	100	29,21	70,79	Менее 35 Less 35
	120	35	95	100	8,28	91,72	Менее 35 Less 35

1.3 Обсуждение результатов

Представленные результаты в таблице 2 позволяют сделать вывод о том, что способ комбинированного бланширования (вода–пар) для гидро модуля 1:9 по эффективности удаления мочевины (39,00 и 42,50%) соответствует бланшированию острым паром (от 46%), водой (соотношение 1:1) (от 64%) и ИК–бланшированию (при длительности обработки 12 мин) (41,6%) [13].

Результаты по гидро модулю 1:15 из-за низкой эффективности были отклонены.

Потери массы сырья при комбинированном бланшировании (вода–пар) для выбранного гидро модуля 1:9 изменяются в более широком диапазоне (от 11,2 до 29,62%) по сравнению с бланшированием водой (соотношение 1:1) (от 14,25 до 14,61%) и ИК–бланшированием (при длительности обработки 7 мин) (от 5,8 до 18,6%), что позволяет получить полуфабрикат для последующей переработки как для кулинарной продукции, так и для производства консервов [7, 15].

Заключение

Представленная экспериментальная установка может быть использована для исследования процесса бланширования водой, паром или комбинированным способом сырья как растительного, так и животного происхождения.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Smith M.M., Heemstra P.C. Smiths' Sea Fishes (e-book) // Engelska. 2012.
- 2 Shark cartilage monograph: A clinical decision support tool // Journal of Herbal Pharmacotherapy. 2002. № 2(2). P. 71-93 DOI: 10.1080/J157v02n02_08
- 3 Бойко А.А., Дубровин С.Ю. Некоторые возможности применения биологических активных веществ пептидной природы из ската звездчатого (*Raja radiata*) // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: материалы I Национальной заочной научно-технической конференции (Владивосток, 22 декабря 2017 года). Владивосток: Дальрыбвтуз, 2017. С. 3-6.

Разработанный способ комбинированного бланширования (вода–пар) ската звездчатого полностью исключает процесс предварительной отмочки и, как следствие, оводнение мяса ската. Указанный способ позволит получать полуфабрикат, пригодный для дальнейшей переработки в пищевых целях.

Для промышленного применения может быть рекомендован следующий режим комбинированного бланширования (вода–пар): гидро модуль 1:9, длительность обработки водой 180 с (3 мин) при температуре воды 90 °C, последующая обработка паром в течение 150 с (2,5 мин) при температуре пара 100 °C. Выбранный режим имеет эффективность 42,5%, практически равную эффективности других способов бланширования ската звездчатого, при более высоком выходе полуфабриката, равном 88,8%. Полученный полуфабрикат может быть рекомендован как для приготовления кулинарной продукции, так и для производства консервов из ската звездчатого.

Благодарность

Авторы выражают огромную благодарность доктору технических наук, профессору кафедры «Технологии пищевых производств» Мурманского государственного технического университета Шокиной Ю. В. за консультации и практическую помощь при проведении экспериментальных исследований.

- 4 Smith S.L., Sim R.B., Flajnik N.F. Immunobiology of the Shark // Taylor & Francis Group, LLC. 2015. 300 p.
- 5 Fontenele J.B., Viana G.S., Xavier J. Filho, De Alencar J.W. Anti-inflammatory and analgesic activity of a water-soluble fraction from shark cartilage Text. // Braz. J. Med. Biol. Res. 1996. V. 29. №5. P. 643-646.
- 6 Щетинский В.В., Шокина Ю.В., Павлова В.В., Саенкова И.В. Обоснование режимов тепловой обработки полуфабриката из ската звездчатого при производстве рыбной кулинарной продукции функционального назначения // Вестник ВГУИТ. 2014. № 1. С. 102–107.
- 7 Корчунов В.В. Создание новых видов продукции из малоиспользуемого сырья Северного бассейна // Молодой учёный. Ежемесячный научный журнал. 2012. № 7 (42). С. 28 -33.

8 Пат. № 2495599, RU, A32L1/325 (2006.01). Способ приготовления кулинарного продукта из ската колючего / Шокина Ю.В., Обухова Н.Е., Шетинский В.В. № 2012123490/13; Заявл. 06.06.2012; Оpubл. 20.10.2013.

9 Астратович В.Л., Райбулов С.П., Голубева О.А. Разработка оптимального режима комбинированного бланширования ската звездчатого // Международная научно-практическая конференция «Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств» (7 апреля 2015): материалы междунар. науч.-практ. конф. в 2 ч. Мурманск, Изд-во МГТУ, 2015. С. 18-21.

10 Астратович, В.Л., Голубева О.А., Шокина Ю.В. Разработка оптимального режима комбинированного бланширования ската звездчатого // Инновационная наука. 2015. Т.2. № 6(6). С. 34-35.

11 Пат. № 174298, RU, A23N12/00 (2006.01). Экспериментальная установка для комбинированного бланширования сырья / Астратович В.Л., Голубева О.А. № 2016151459; Заявл. 26.12.2016; Оpubл. 11.10.2017, Бюлл. № 29.

12 Райбулов С.П., Шокина Ю.В., Дунец В.В., Остаркова П.А. Разработка рецептуры и технологии фаршевых консервов специализированного назначения из недоиспользуемого объекта промысла Северного бассейна – ската звездчатого // Вестник МГТУ. 2016. Т.19. № 3. С. 645-656

13 Косарев Е.Л. Методы обработки экспериментальных данных. М.: Издательство "Физико-математическая литература", 2016, 210 с.

14 Юркевич К.Н., Специальный А.А., Шокина Ю.В. Некоторые аспекты применения метода проектирования терморadiационных установок А.С. Гинзбурга при расчете основных конструктивных параметров ИК – бланширователя в технологии стерилизованных консервов из недоиспользуемых объектов промысла Арктического бассейна // Известия высших учебных заведений. Арктический регион. 2016. №1. С. 79-85

REFERENCES

1 Smith M.M., Heemstra P.C. Smiths' Sea Fishes (e-book). Engelska. 2012.

2 Shark cartilage monograph: A clinical decision support tool. Journal of Herbal Pharmacotherapy. 2002. no. 2(2). pp. 71-93 DOI: 10.1080/1157v02n02_08

3 Boyko A. A., Dubrovin S. J. Some possibilities of application of biological active substances of the peptide nature of stingray stellate (Raja radiata). Innovatsionnoe razvitiye rybnoy otrasli v kontekste obespecheniya prodovolstvennoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii [Innovative development of fishing industry in the context of ensuring food security of the Russian Federation: proceedings of the first National extramural scientific and technical conference (Vladivostok, 22 Dec 2017)] Vladivostok, Dalrybvuz, 2017. pp. 3-6. (in Russian)

4 Smith S.L., Sim R.B., Flajnik N.F. Immunobiology of the Shark. Taylor & Francis Group, LLC. 2015. 300 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ольга А. Голубева к.т.н., доцент, кафедра технологического и холодильного оборудования, Мурманский государственный технический университет, ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, 183010, Россия, GolubevaOA@mstu.edu.ru

Владислав Л. Астратович аспирант, кафедра технологического и холодильного оборудования, Мурманский государственный технический университет, ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, 183010, Россия, prosto_sahar@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Ольга А. Голубева провела эксперимент, выполнила расчёты, консультации в ходе исследования, корректировка рукописи до подачи в редакцию Владислав Л. Астратович обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты, написал рукопись, несёт ответственность за антиплагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 01.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.08.2018

5 Fontenele J.B., Viana G.S., Xavier J. Filho, De Alencar J.W. Anti-inflammatory and analgesic activity of a water-soluble fraction from shark cartilage Text. Braz. J. Med. Biol. Res. 1996. vol. 29. no. 5. pp. 643-646.

6 Shchetinsky V.V., Shokina Yu.V., Pavlova V.V., Sayenkova I.V. Substantiation of modes of thermal processing of semi-finished stingray stellate in the production of fish culinary products of functional purpose. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET] 2014, no. 1. pp. 102-107. (in Russian)

7 Korchunov V.V. Creation of new types of products from underutilized raw materials of the Northern basin. Molodoy uchenyy Ezheemesyachnyy nauchnyy zhurnal [Young Scientist. Monthly scientific journal] 2012, no. 7 (42). pp. 28 - 33. (in Russian)

8 Shokina Yu.V., Obukhova N.E., Shchetinsky V.V. Sposob prigotovleniya kulinarnogo produkta iz skata kolyuchego [A method of cooking culinary product of the stellar prickly] Patent RF, no. 2495599, 2013. (in Russian)

9 Astramovich V.L., Raibulov S.P., Golubeva O.A. Development of an optimal mode of combined blanching of star-shaped Stingray Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya Sovremennye ekologo-biologicheskie i khimicheskie issledovaniya tekhnika i tekhnologiya proizvodstv [International scientific and practical conference "Modern ecological-biological and chemical research, engineering and production technology" (April 7, 2015): materials of the international. scientific-practical] Murmansk, MSTU Publishing House, 2015. pp. 18-21. (in Russian)

10 Astramovich, V.L., Golubeva O.A., Shokina Yu.B. Development of the optimal regime for combined blanching of stellate rays. Innovatsionnaya nauka [Innovative Science] 2015. vol. 2. no. 6 (6). pp. 34-35. (in Russian)

11 Astramovich V.L., Golubeva O.A. Eksperimentalnaya ustanovka dlya kombinirovannogo blansirovaniya syrya [Experimental setup for combine draw material blanching of raw materials] Patent RF, no. 174298, 2016. (in Russian)

12 Raibulov S.P., Shokina Yu.V., Dunets V.V., Ostarkova P.A. Development of recipes and technology of minced canned food from a underutilized object fishing of the North basin - stingray stellate. Vestnik MGTU [Bulletin of MSTU] 2016, vol.19, no. 3. pp. 645-656. (in Russian)

13 Kosarev E.L. Metody obrabotki eksperimentalnykh dannykh [Methods for processing experimental data] Moscow, Publishing house "Physics and Mathematics", 2016. 210 p. (in Russian)

14 Yurkevich K.N., Specialnyi A.A., Shokina Yu.V. Some Aspects of Application of the Thermal Radiation Equipment Design Method Ginzburg in the calculation of the basic design parameters of the IR blanching in the technology of sterilized canned food from underutilized objects was washed. Arctic Basin. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. [Proceedings of higher educational institutions. Arctic region]- 2016. no. 1. pp. 79-85 (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Olga A. Golubeva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, department of technological and refrigeration equipment, Voronezh state university of engineering technologies, ul. Sportivnaya, 13, Murmansk, 183010, Russia, GolubevaOA@mstu.edu.ru

Vladislav L. Astramovich graduate student, department of technological and refrigeration equipment, Murmansk state technical university, ul. Sportivnaya, 13, Murmansk, 183010, Russia, prosto_sahar@mail.ru

CONTRIBUTION

Olga A. Golubeva conducted an experiment, performed computations, consultation during the study, correct the manuscript before filing in editing **Vladislav L. Astramovich** review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations, wrote the manuscript, is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.1.2018

ACCEPTED 8.20.2018

Математическое обеспечение процесса экструдирования аномально-вязких сред методами планирования эксперимента

Виталий Н. Василенко	¹	vv_n_1977@mail.ru
Лариса Н. Фролова	¹	fln-84@mail.ru
Анна А. Дерканосова	¹	aa-derk@yandex.ru
Надежда А. Михайлова	¹	
Анастасия А. Щепкина	¹	
Артём М. Давыдов	²	amdavydov@mail.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия² Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, Москва, 117997, Россия

Реферат. Представлены результаты моделирования – некой математической функции, которая описывает поведение объекта исследования, абстрагируясь от внутренней структуры вещественного субстрата. Рассматриваемое построение моделей экспериментальных зависимостей экструдирования аномально-вязких сред включает в себя следующие этапы: уточнение в зависимости от конкретной задачи оптимизируемых параметров (удельные энергозатраты на процесс экструзии, давление в предматричной зоне, комплексный органолептический показатель качества и др.); выбор факторов, определяющих изменчивость оптимизируемых параметров (начальная влажность продукта, частота вращения шнека, живое сечение матрицы и др.); подбор интервалов изменения факторов; подбор плана и условий проведения эксперимента; анализ данных эксперимента и построение математической модели зависимостей оптимизируемых параметров от выбранных факторов. При планировании эксперимента найдены условия для проведения опытов, получения достоверной и точной информации об объекте, с затратами минимальных усилий, подачи информации в удобной форме и количественной оценкой точности. Была решена задача оптимизации исследуемого процесса, которая позволяет найти такие режимы работы экструдера, которые бы в широком диапазоне изменения входных параметров продукта составляли минимум удельных энергозатрат, оптимальное давление в предматричной зоне и максимальный комплексный органолептический показатель качества. Полученные результаты позволяют выявить влияние отдельных факторов на функционирование экструдеров и могут быть использованы при проектировании и оптимизации их работы. Они окажут влияние на развитие научных, научно-технических и технологических направлений в области создания новых продуктов питания с программируемыми свойствами (в т. ч. лечебно-профилактического действия). Выполненные на их основе опытно-конструкторские разработки позволяют выявить новые технологические решения в области создания технологического оборудования нового поколения для различных отраслей пищевой промышленности. Разработанные рекомендации и предложения по использованию результатов уже применяются в проводящихся инновационных проектах по созданию экструдеров, а также другого оборудования.

Ключевые слова: экструзия, планирование эксперимента, статистическая модель, аномально-вязкая жидкость

Software of the extrusion process abnormally viscous fluids methods of experiment planning

Vitalii N. Vasilenko	¹	vv_n_1977@mail.ru
Larisa N. Frolova	¹	fln-84@mail.ru
Anna A. Derkanosova	¹	aa-derk@yandex.ru
Nadezhda A. Mikhailova	¹	
Anastasija A. Shhepkina	¹	
Artem M. Davydov	²	amdavydov@mail.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia² Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane, 36, Moscow, 117997, Russia

Summary. Article is devoted to the results of modeling-a certain mathematical function that describes the behavior of the object of study, abstracting from the internal structure of the real substrate. Materials and Methods: discusses the construction of models of experimental dependencies extruding abnormally viscous fluids, includes the following stages: clarification, depending on the specific tasks optimized parameters (specific energy consumption in the extrusion process, the pressure in predatrice area, complex organoleptic quality score, etc.); the choice of factors determining the variability of the optimized parameters (initial moisture of the product, the frequency of rotation of the screw, the living section of the matrix, etc.); the selection of intervals of change of factors; recruitment plan and the conditions of the experiment; analysis of experiment data and construction of mathematical model of dependencies of optimized parameters on selected factors. Results: when planning an experiment, the conditions for conducting experiments, obtaining reliable and accurate information about the object, with minimal effort, providing information in a convenient form and quantitative accuracy assessment. Discussion: the problem of optimization of the studied process was solved, which allows to find such modes of the extruder, which would be in a wide range of changes in the input parameters of the product amounted to a minimum of specific energy consumption, the optimal pressure in the pre-matrix zone and the maximum complex organo-leptic quality index. Conclusion: the obtained results reveal the influence of individual factors on the operation of extruders and can be used in the design and optimization of their operation. They will have an impact on the development of scientific, scientific, technical and technological directions in the field of creating new food products with programmable properties (including therapeutic and prophylactic action). Made on their basis, experimental design will reveal new technological solutions in the field of creation of new generation technological equipment for various branches of the food industry. The developed recommendations and proposals for the use of the results are already used in the ongoing innovative projects for the creation of extruders, as well as other equipment.

Keywords: extrusion, design of experiments, statistical model, abnormally-viscous liquid

Для цитирования

Василенко В.Н., Фролова Л.Н., Дерканосова А.А., Михайлова Н.А., Щепкина А.А., Давыдов А.М. Математическое обеспечение процесса экструдирования аномально-вязких сред методами планирования эксперимента // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 37–42. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-37-42

For citation

Vasilenko V.N., Frolova L.N., Derkanosova A.A., Mihajlova N.A., Shhepkina A.A., Davydov A.M. Software of the extrusion process abnormally viscous fluids methods of experiment planning. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 37–42. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-37-42

Введение

Процессы и аппараты комбикормовой отрасли имеют большое количество и разнообразие параметров, которые определяют ход процессов, значительное количество внутренних связей между параметрами. Бывают случаи, когда существует чувствительность потоков, где происходит процесс, к возмущениям извне и к малейшим изменениям условий взаимодействия потока с окружающей средой, что вынуждает отказаться от строго аналитического исследования, фиксирующего условия на границах системы. Для ограничения такого большого потока информации о процессе делается его статистическая модель, отражающая отдельные явления изучаемого процесса [4, 5].

Материалы и методы

Чтобы получить статистическую модель, когда планируется эксперимент в области оптимальных значений параметров, важно детальное изучение функции отклика. Для этого она задается как полином второй или большей степени. Полиномиальная модель позволяет решать задачи, связанные с интерполяцией – прогнозированием значений функции отклика в середине исследуемого факторного пространства в каждой его точке; экстраполяцией – прогнозированием функций отклика для точки, которая расположена вне факторного пространства; оптимизацией – определением оптимальных значений параметров, максимизируя или минимизируя целевую функцию.

Результаты

С помощью полиномиальной модели возможна оценка степени влияния на функцию отклика разных факторов, минимизация ресурсов и построение различных графиков и диаграмм. С помощью математической модели почти

стационарной области можно образно представить и точнее изучить экстремальную поверхность отклика. По большинству случаев экстремальная область описывается полиномами 2-го порядка [1].

Возможно эмпирическое получение математического описания процесса экструдирования комбикормов. Его математическая модель будет иметь вид уравнения регрессии, найденного статистическими методами по результатам исследований. Математическая модель изучаемого процесса имеет вид полинома 2-й степени (1):

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^N b_i x_i + \sum_{i=1}^N b_{ii} x_i^2 + \sum_{i \leq j}^N b_{ij} x_i x_j, \quad (1)$$

где b_0 – свободный член уравнения, равный средней величине отклика при условии, что изучаемые факторы имеют средние, «нулевые» уровни; x – масштабированными значениями факторов, определяющих функцию отклика и поддающихся варьированию; i, j – индексы факторов; b_i – коэффициенты при линейных членах; b_{ij} – коэффициенты двухфакторных взаимодействий, показывающие, как сильно меняется степень влияния одного фактора, когда изменяется величина другого; b_{ii} – коэффициенты квадратичных эффектов, которые определяют нелинейность выходного параметра от рассматриваемых факторов; N – число факторов в матрице планирования.

В качестве основных факторов, которые влияют на процесс экструзии, выбрали: x_1 – начальная влажность продукта, %; x_2 – частота вращения шнека, c^{-1} ; x_3 – конструктивный параметр (отношение внутреннего диаметра шнека к наружному); x_4 – живое сечение матрицы (отношение суммарной площади отверстий к площади выходного сечения матрицы); x_5 – длина канала матрицы, м.

Все эти факторы совместимы и не коррелируемы между собой. В таблице 1 даны пределы изменения исследуемых факторов.

Таблица 1.

Пределы изменения входных факторов

Table 1.

The range of variation of the input factors

Условия планирования Planning conditions	Пределы изменения факторов The range of variation of the factors				
	$x_1, \%$	x_2, c^{-1}	x_3	x_4	x_5
Основной уровень Basic level	15	7	0,0239	0,05	0,09
Нижний уровень Lower level	13	6	0,0154	0,03	0,05
Верхний уровень Upper level	17	8	0,0324	0,07	0,14
Интервал варьирования The range of variation in	2	1	0,0084	0,01	0,04
Нижняя «звездная точка» Lower " star point»	11	5	0,0069	0,01	0,00
Верхняя «звездная точка» Higher " star point»	19	9	0,0409	0,09	0,19

Выбирают интервалы изменения факторов в зависимости от технологических условий процесса экструзии, сюда входят технические характеристики экструзионной установки. Критериями, оценивающими влияние разных

факторов на процесс экструдирования, являются: Y_1 – удельные энергозатраты на процесс экструзии, kJ/kg ; Y_2 – давление в предматричной зоне, МПа; Y_3 – комплексный органолептический показатель качества (КОПК).

Выбор критериев оценки Y связан с их наибольшей значимостью для процесса экструзии [6]. Так, Y_1 – является важнейшим показателем в оценке его энергетической эффективности; Y_2 – определяет глубину физико-химических изменений питательных веществ при экструдировании; Y_3 – определяет качество готового продукта.

Программа исследований была заложена в матрицу планирования эксперимента. Воспользовались центральным композиционным ротатабельным униформпланированием, выбрав дробный факторный эксперимент 2^{5-1} [3] с дробной репликой $x_5 = x_1x_2x_3x_4$. Порядок опытов

$$y_1 = 0,248 - 0,058 x_1 + 0,011 x_2 - 0,013 x_3 + 0,005 x_4 + 0,067 x_5 - 0,015 x_1x_2 + 0,015 x_1x_3 + 0,008 x_1x_4 - 0,033 x_1x_5 + 0,007 x_2x_3 + 0,011 x_2x_4 - 0,002 x_2x_5 - 0,011 x_3x_4 - 0,002 x_3x_5 + 0,011 x_4x_5 + 0,006 x_{12} - 0,003 x_2^2 - 0,003 x_3^2 + 0,055 x_4^2; \quad (2)$$

$$y_2 = 0,250 - 0,266 x_1 + 0,165 x_2 + 0,482 x_3 - 0,483 x_4 - 0,315 x_5 - 0,123 x_1x_2 - 0,048 x_1x_3 + 0,001 x_1x_4 + 0,623 x_1x_5 - 0,323 x_2x_3 + 0,375 x_2x_4 - 0,201 x_2x_5 + 0,250 x_3x_4 + 0,123 x_3x_5 - 0,375 x_4x_5 - 0,090 x_1^2 - 0,015 x_2^2 + 0,133 x_3^2 + 0,183 x_4^2 + 0,208 x_5^2; \quad (3)$$

$$y_3 = 0,978 + 0,047 x_1 + 0,032 x_2 + 0,496 x_3 + 0,036 x_4 + 0,024 x_5 - 0,037 x_1x_2 + 0,007 x_1x_3 + 0,001 x_1x_4 - 0,017 x_1x_5 + 0,005 x_2x_3 + 0,001 x_2x_4 - 0,017 x_2x_5 - 0,032 x_3x_4 - 0,013 x_3x_5 - 0,022 x_4x_5 - 1,778 x_1^2 - 1,566 x_2^2 - 0,416 x_3^2 - 1,041 x_4^2 - 1,291 x_5^2. \quad (4)$$

Все полученные уравнения (2)–(4) нелинейны.

После проведения 32 экспериментов получили данные о воздействии факторов. Выполнили построение математической модели процесса, позволяющей произвести расчет удельных энергозатрат, давления в предматричной зоне, комплексного органолептического показателя качества внутри установленных интервалов различных входных факторов.

Задача оптимизации такова – определить режимы работы экструдера, чтобы они в широком диапазоне изменения входных параметров продукта составляли минимальные удельные энергозатраты, оптимальное давление в предматричной зоне и максимальный комплексный органолептический показатель качества. Общая математическая постановка задачи оптимизации дана в виде модели [2, 6]:

$$\begin{aligned} q &= q(y_1, y_2, y_3)_{x \in D} \rightarrow \text{opt} \\ D: y_1(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)_{x \in D} &\rightarrow \min \\ y_2(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)_{x \in D} &\rightarrow \text{opt} \\ y_3(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)_{x \in D} &\rightarrow \max \\ y_i > 0, i = 1, 3; x_j [2; 2], j = 15 \end{aligned} \quad (5)$$

рандомизировали посредством таблицы случайных чисел, чтобы исключить возможность влияния неконтролируемых параметров на результаты эксперимента.

Обработывая данные исследований, воспользовались следующими статистическими критериями: проверка однородности дисперсий проводилась по критерию Кохрена, значимость коэффициентов уравнений регрессии – по критерию Стьюдента, адекватность уравнений – по критерию Фишера. Статистически обработав экспериментальные данные, получили уравнения регрессии, которые адекватно описывают этот процесс под влиянием исследуемых факторов:

Предположим, что вычисленные формулы (2)–(4) дают описания некоторых поверхностей в многомерном пространстве. Коэффициенты канонической формы дают возможность установить, какой вид тел представляют собой эти поверхности.

Найдем из системы уравнений, которые получили в ходе дифференцирования уравнений регрессии (2)–(4) по x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 , координаты центра x_{is} и приравняем производные к нулю. С помощью координат центра x_{is} из уравнений (2)–(4) определим соответствующие им значения параметров оптимизации (таблица 2).

Таблица 2.
Оптимальные значения входных факторов
Table 2.
The optimal values of input factors

y_i	x_{1s}	x_{2s}	x_{3s}	x_{4s}	x_{5s}	y_s
y_1	-0,014	-0,211	-2,016	-0,018	0,146	0,177
y_2	0,483	-1,769	-0,363	-0,300	-1,018	1,584
y_3	0,497	-0,011	-0,596	-0,008	-0,006	7,728

Чтобы найти канонические коэффициенты B_i по уравнениям (2)–(4), составили характеристический полином, приравненный к нулю:

$$\begin{array}{cccccc}
(b_{11}-B) & 0,5 b_{12} & 0,5 b_{13} & 0,5 b_{14} & 0,5 b_{15} \\
0,5 b_{21} & (b_{22}-B) & 0,5 b_{23} & 0,5 b_{24} & 0,5 b_{25} \\
0,5 b_{31} & 0,5 b_{32} & (b_{33}-B) & 0,5 b_{34} & 0,5 b_{35} \\
0,5 b_{41} & 0,5 b_{42} & 0,5 b_{43} & (b_{44}-B) & 0,5 b_{45} \\
0,5 b_{51} & 0,5 b_{52} & 0,5 b_{53} & 0,5 b_{54} & (b_{55}-B)
\end{array} = 0 \quad (6)$$

где В – канонический коэффициент.

Подставив значения коэффициентов уравнений (2)–(4) в матрицу (6) и решив нелинейные уравнения 5-й степени, вычислили канонические коэффициенты. После анализа полученных канонических уравнений выяснили, что изучаемые тела в 5-мерном пространстве принадлежат к типу «минимакса»: при движении в направлении осей, у которых X_i положительны, от центра оптимизации идет возрастание значений выходных параметров, а в направлении осей, для которых X_i отрицательны, снижение. Противоположные знаки коэффициентов канонических уравнений влияют на то, что поверхности отклика – это одно- или двухполосный гиперболоид [5-9].

На рисунках 1–2 показаны кривые равных значений выходных параметров, несущие смысл номограмм и представляющие практический интерес.

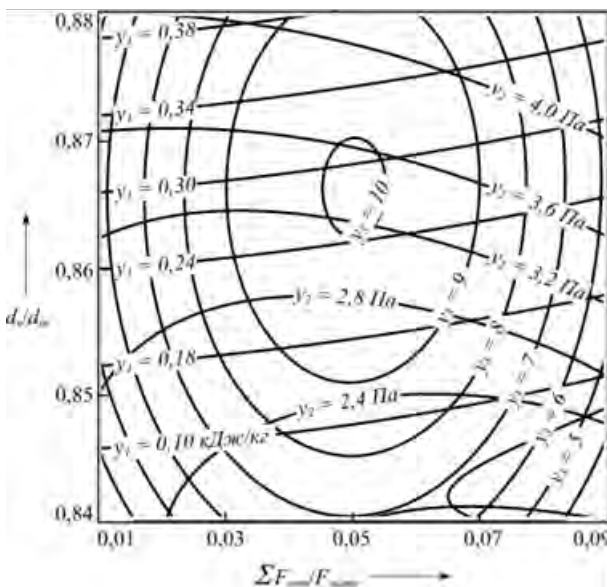


Рисунок 1. Номограмма зависимости удельных энергозатрат y_1 , давления в предматричной зоне y_2 и комплексного органолептического показателя качества y_3 от конструктивного параметра и живого сечения матрицы: при $W_n = 16\%$; $\omega = 8 \text{ c}^{-1}$; $G_{\text{отв}}/G_{\text{общ}} = 0,1$

Figure1. Nomogram based on unit energy consumption of y_1 , pressure, y_2 predatrice area and a comprehensive organoleptic quality indicator y_3 from a constructive parameter, and the living section of the matrix: when $W_n = 16,0\%$; $\omega = 8 \text{ c}^{-1}$; $G_{\text{отв}}/G_{\text{общ}} = 0,1$

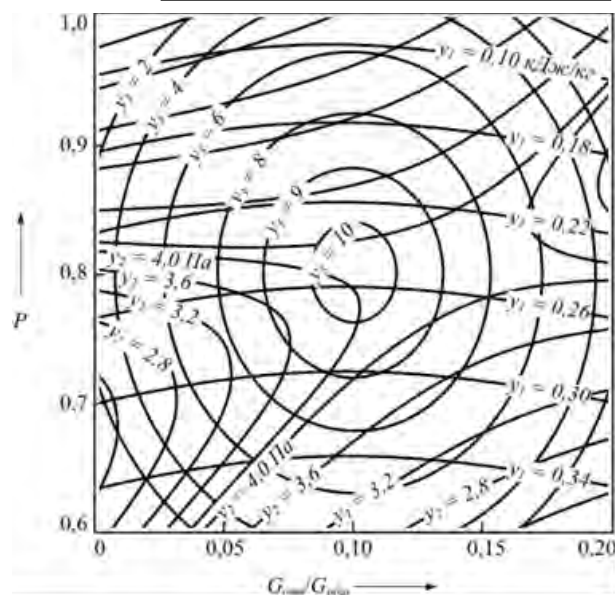


Рисунок 2. Номограмма зависимости удельных энергозатрат y_1 , давления в предматричной зоне y_2 и комплексного органолептического показателя качества y_3 от частоты вращения шнека и длины канала матрицы: при $W_n = 16\%$; $d_b/d_{\text{шн}} = 0,86$; $\Sigma F_{\text{отв}}/F_{\text{матр}} = 0,05$

Figure2. Nomogram of dependence of specific energy consumption in y_1 , pressure in the prematrix zone y_2 and complex organoleptic quality index y_3 on the frequency of rotation of the screw and the length of the matrix channel: $W_n = 16\%$; $d_b/d_{\text{шн}} = 0,86$; $\Sigma F_{\text{отв}}/F_{\text{матр}} = 0,05$

Чтобы определить оптимальные режимы, применяют метод “ридж-анализ”, базирующийся на методе неопределенных множителей Лагранжа [4]. Чтобы выбрать оптимальный режим по уравнениям регрессии (2)–(4), составили такую систему уравнений:

$$\begin{cases}
(b_{11} - \lambda)x_1 + 0,5b_{12}x_2 + 0,5b_{13}x_3 + 0,5b_{14}x_4 + 0,5b_{15}x_5 + 0,5b_1 = 0 \\
0,5b_{21}x_1 + (b_{22} - \lambda)x_2 + 0,5b_{23}x_3 + 0,5b_{24}x_4 + 0,5b_{25}x_5 + 0,5b_2 = 0 \\
0,5b_{31}x_1 + 0,5b_{32}x_2 + (b_{33} - \lambda)x_3 + 0,5b_{34}x_4 + 0,5b_{35}x_5 + 0,5b_3 = 0 \\
0,5b_{41}x_1 + 0,5b_{42}x_2 + 0,5b_{43}x_3 + (b_{44} - \lambda)x_4 + 0,5b_{45}x_5 + 0,5b_4 = 0 \\
0,5b_{51}x_1 + 0,5b_{52}x_2 + 0,5b_{53}x_3 + 0,5b_{54}x_4 + (b_{55} - \lambda)x_5 + 0,5b_5 = 0
\end{cases} \quad (7)$$

где λ – неопределенный множитель Лагранжа.

На величину λ накладывается ограничение, которое определяется параметром Хорля:

$$\lambda' = 2(B_{\text{max}} - b_{kk}), \quad (8)$$

где B_{max} – максимальный или минимальный (в зависимости от задачи) канонический коэффициент; b_{kk} – коэффициент регрессии при k -м квадратичном члене.

В этом случае допустимые значения λ лежат в пределах:

$$\begin{aligned}
& \text{– удельные энергозатраты} \\
& 2,0 < \lambda < -0,2; \quad (9)
\end{aligned}$$

- давление в предматричной зоне
 $-0,80 < \lambda < -0,26;$ (10)

- максимальный комплексный органолептический показатель качества
 $-8,0 < \lambda < -0,8.$ (11)

Задавались значениями X из интервалов (9)–(11), по уравнению (9) определили оптимальность режимов процесса экструдирования для удельных энергозатрат, давления в предматричной зоне, комплексного органолептического показателя качества.

Для всех исследуемых выходных факторов в таблице 3 сведены выбранные оптимальные интервалы изменения параметров X_i .

Таблица 3.
Оптимальные интервалы параметров

Table 3.
Optimal intervals of the parameters

y	x ₁ , %		x ₂ , с ⁻¹		x ₃		x ₄		x ₅	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
y ₁	14,91	15,82	7,15	8,26	0,861	0,872	0,048	0,051	0,007	0,009
y ₂	15,14	16,13	8,31	9,14	0,842	0,851	0,058	0,068	0,010	0,011
y ₃	15,52	15,73	6,24	7,10	0,862	0,870	0,043	0,045	0,011	0,018

Обсуждение

Из критерия оптимизации (9) следует, что для принятия окончательного решения по выбору оптимальных режимов изучаемого процесса, необходимо решить компромиссную задачу. Оптимальные интервалы параметров x_i , выделенные в таблице 3, наложим друг на друга.

Для параметра x_1 (начальная влажность продукта) - это интервал 15,52–15,73%.

Независимые переменные: x_2 – частота вращения шнека, x_3 – конструктивный параметр, x_4 – коэффициент живого сечения матрицы,

x_5 – длина канала матрицы конфликтуют друг с другом относительно критериев оптимизации.

Для критериев y_1 , y_2 и y_3 выделенный интервал изменения x_2 от указанного в таблице 3 мало отличается, следовательно, для параметра x_2 (частота вращения шнека) примем $x_5 = 7,50–8,00$ с⁻¹, для параметра x_4 (коэффициент живого сечения матрицы) – $x_4 = 0,044–0,055$.

Параметр x_3 относительно критериев оптимизации y_1 (удельные энергозатраты) и y_3 (комплексный органолептический показатель качества) имеет оптимальный интервал 0,862–0,870 МПа. Но он конфликтует по критерию оптимизации с y_2 (давление в предматричной зоне).

Параметр x_5 относительно критериев оптимизации y_2 (давление в предматричной зоне) и y_3 (комплексный органолептический показатель качества) имеет оптимальный интервал 0,011–0,018.

Заключение

Множество Парето получили методом Ψ -преобразования, варьируя весовой коэффициент α_i в интервале $[0, 1] \left(\sum_{i=1}^k \alpha_i = 1 \right)$.

Применив указанный метод, получили субоптимальные интервалы изменения параметров: $x_3 = 0,853–0,866$; $x_5 = 0,099–0,102$.

Для проверки правильности найденных результатов провели ряд параллельных опытов. Результаты попали в вычисленные доверительные интервалы по всем критериям качества. Среднеквадратичная ошибка была не более 4,5%.

Благодарности

Работа выполнена на базе Центра коллективного пользования «Контроль и управления энергоэффективными проектами» ФГБОУ ВО «ВГУИТ».

ЛИТЕРАТУРА

- Остриков А.Н., Павлов И.О., Ненахов Р.В., Василенко В.Н. Математическая модель неизоэтермического течения жидкости в предматричной зоне экструдера // Хранение и переработка сельхозсырья. 2001. № 12. С. 7–9.
- Василенко В.Н., Копылов М.В., Фролова Л.Н., Драган И.В. Математическая модель движения сыра в шнековом канале маслопресса // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. № 3 (57). С. 18–22.
- Остриков А.Н., Ненахов Р.В., Василенко В.Н. Многофакторный статический анализ процесса экструзии комбинированных картофелепродуктов, обогащенных белковыми добавками // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2001. № 4. С. 13–15.
- Comminal R. et al. Numerical modeling of the strand deposition flow in extrusion-based additive manufacturing // Additive Manufacturing. 2018. V. 20. P. 68–76.

- Malone E., Berry M., Lipson H. Freeform fabrication and characterization of Zn-air batteries // Rapid Prototyping Journal. 2008. V. 14. № 3. –P. 128–140.

- Sousa L. C. et al. Computational simulation of carotid stenosis and flow dynamics based on patient ultrasound data—A new tool for risk assessment and surgical planning // Advances in medical sciences. 2016. V. 61. № 1. P. 32–39.

- Алексеев Г.В., Гончаров М.В., Леу А.Г., Кривоустов В.В. Численные подходы к моделированию процесса экспандирования // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. №79(2). С. 53–60. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-2-53-60>

- Пальчиков А.Н., Аксенова О.И. Технические средства для получения полуфабрикатов корпуса и начинки для экструдированных пищевых продуктов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. № 2. С. 35–43. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2015-2-35-43>

9 Верболюз Е.И., Лоза А.А. Оценка значений технологических параметров электрогидравлического воздействия на зерновой продукт численными методами // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. №. 79(2). С. 68-72. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-2-68-72>

REFERENCES

1 Ostrikov A.N., Pavlov I.O., Nenakhov R.V., Vasilenko V.N. Mathematical model of nonisothermal fluid flow in the prematrix zone of the extruder. *Xranenie i pererabotka selkhozsyrya* [Storage and processing of agricultural raw materials] 2001, no 12. pp. 7–9. (in Russian)

2 Vasilenko V.N., Kopylov M.V., Frolova L.N., Dragan I.V. Mathematical model of motion of raw material in the channel auger oil press. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii* [Proceedings of the Voronezh state University of engineering technologies] 2013, no 3 (57). pp. 18–22. (in Russian)

3 Ostrikov A.N., Nenakhov R.V., Vasilenko V.N. Multivariate static analysis of the extrusion process combined potato products, enriched with protein additives. *Vestnik Rossiyskoy akademii selkhozoyaystvennykh nauk* [Herald of the Russian Academy of agricultural Sciences]. 2001, no 4, pp. 13–15. (in Russian)

4 Comminal R. et al. Numerical modeling of the strand deposition flow in extrusion-based additive manufacturing. *Additive Manufacturing*. 2018. vol. 20. pp. 68-76.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Виталий Н. Василенко д.т.н., профессор, кафедры технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, vvv_1977@mail.ru

Лариса Н. Фролова д.т.н., профессор, кафедры технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, fln-84@mail.ru

Анна А. Дерканосова к.т.н., кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, aa-derk@yandex.ru

Надежда А. Михайлова аспирант, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Анастасия А. Щепкина студент, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Артем М. Давыдов к.т.н., доцент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, Москва, 117997, Россия, Amdavydov@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 18.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 28.08.2018

5 Malone E., Berry M., Lipson H. Freeform fabrication and characterization of Zn-air batteries. *Rapid Prototyping Journal*. 2008. vol. 14. no. 3. pp. 128-140.

6 Sousa L. C. et al. Computational simulation of carotid stenosis and flow dynamics based on patient ultrasound data—A new tool for risk assessment and surgical planning. *Advances in medical sciences*. 2016. vol. 61. no. 1. pp. 32-39.

7 Alekseev G.V., Goncharov M.V., Leu A.G., Krivopustov V.V. Numerical approaches to expansion process modeling. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii* [Proceedings of the Voronezh state University of engineering technologies]. 2017. no. 79(2). pp. 53-60. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-2-53-60> (in Russian)

8 Pal'chikov A.N., Aksenova O.I. Technical means for obtaining intermediate products of the casing and toppings for extruded food products. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii* [Proceedings of the Voronezh state University of engineering technologies] 2015. no. 2. pp. 35-43. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2015-2-35-43> (in Russian)

9 Verboz E.I., Loza A.A. Evaluation of the values of the technological parameters of the electro-hydraulic impact on the grain product by numerical methods. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii* [Proceedings of the Voronezh state University of engineering technologies] 2017. no. 79(2). pp. 68-72. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-2-68-72> (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Vitalii N. Vasilenko Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of fats, processes and devices of chemical and food productions department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, vvv_1977@mail.ru

Larisa N. Frolova Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of fats, processes and devices of chemical and food productions department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, fln-84@mail.ru

Anna A. Derkanosova Cand. Sci. (Engin.), service and restaurant business department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, aa-derk@yandex.ru

Nadezhda A. Mikhailova graduate student, technology of fats, processes and devices of chemical and food productions department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Anastasiya A. Shhepkina student, technology of fats, processes and devices of chemical and food productions department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Artem M. Davydov Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, department for Restaurant Business of the PRUE, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny Lane, 36, Moscow, 117997, Russia, Amdavydov@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.18.2018

ACCEPTED 8.28.2018

Экструдирование смесей пшеницы и выжимок моркови повышенной влажности в технологии продуктов, готовых к употреблению

Антон Ю. Шариков	¹	anton.sharikov@gmail.com
Владимир И. Степанов	¹	stepanov-bio@yandex.ru
Виктор В. Иванов	¹	ivanov.v.v@li.ru
Дарья В. Поливановская	¹	dashpol@mail.ru
Мария В. Амелякина	¹	masha.am@mail.ru

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, ул. Самокатная, 4Б, г. Москва, 111033, Россия

Реферат. Актуальной задачей пищевой промышленности является утилизация вторичных ресурсов переработки плодовоовощного сырья и их использование в производстве обогащенных продуктов питания. Это позволяет более эффективно и рационально использовать сырье с большим содержанием биологических активных веществ. Проведены исследования возможности использования нативных выжимок моркови в качестве ингредиента при получении экструдированных, готовых к употреблению продуктов на основе пшеницы. Изучено влияние дозировки выжимок на режимные параметры экструзии и свойства получаемых экструдатов. Установлено, что увеличение содержания выжимок более 20% негативно сказывается на качестве продукта, коэффициент взрыва снижается более чем в 2 раза, насыпная плотность повышается на 40%. Исследован способ дополнительного отбора пара в средней части камеры экструдера непосредственно в процессе варочной экструзии смесей с содержанием выжимок более 20% и влажностью 26,5, 28,9 и 34,5%. Показателем отвода пара являлось снижение давления в устройстве, в результате чего происходило снижение влагосодержания материала в предматричной зоне камеры экструдера. Установлено, что дополнительный отбор пара при экструдировании высоковлажных смесей значительно влияет на ужесточение режимов экструзии. Повышается температура при работе в полнотемпературном режиме, также увеличиваются давление и момент нагрузки. При этом улучшаются показатели качества экструдатов. Для смесей с 26,5 и 28,9% влажности при отборе пара более чем в 2 раза возрастал коэффициент взрыва, на 21-25% снижалась насыпная плотность. Режимы экструдирования смеси влажностью 34,5% без и с отбором пара были нестабильными и не обеспечивали получения экструдатов приемлемого качества. Предложенный способ экструзии высоковлажных смесей муки пшеницы с выжимками моркови является научным заделом для разработки технологий получения готовых к употреблению экструдированных продуктов с использованием влажных вторичных сырьевых ресурсов переработки плодов и овощей.

Ключевые слова: экструзия, вторичные сырьевые ресурсы, выжимки моркови, высоковлажное сырье, отбор пара

Extrusion cooking of wet mixtures of wheat flour with carrot bagasse in technology of ready-to-eat products

Anton Yu. Sharikov	¹	anton.sharikov@gmail.com
Vladimir I. Stepanov	¹	stepanov-bio@yandex.ru
Victor V. Ivanov	¹	ivanov.v.v@li.ru
Darya V. Polivanovskaya	¹	dashpol@mail.ru
Mariya V. Amelyakina	¹	masha.am@mail.ru

¹ Russian research Institute of food biotechnology – a branch of Federal research center of food, biotechnology and food safety, Samokatnaya Str., 4B, Moscow, 111033, Russian Federation

Summary. The actual challenge for the food industry is the utilization of by-products of fruit and vegetable processing and their use in the production of enriched food products. It allows to use raw materials with a high content of biological active substances more efficiently and rationally. The possibility of using carrot bagasse as an ingredient in the preparation of extruded ready-to-eat product was studied. The wheat meal was used as core ingredient. The influence of the bagasse dosage on the extrusion conditions and the properties of the extrudates samples was studied. It was shown that an increase of the bagasse content more than 20% influenced the quality of the product negatively. The expansion index decreased more than 2 times and the bulk density increased by 40%. The method of additional steam venting from the middle part of the extruder chamber was investigated during the extrusion cooking of mixtures with the bagasse content more than 20% and moisture content 26.5, 28.9 and 34.5%. The indicator of the steam venting was the reduction of pressure in the degassing installation. As a result, the moisture content of the material in the die zone of the extruder chamber decreased. It was shown that additional steam venting during extrusion of high-moisture mixtures led to more severe extrusion conditions. The temperature, die pressure and torque increased significantly. It improved the quality of extrudates. Steam venting during extrusion of blends with 26.5 and 28.9% moisture increased expansion index more than 2 times and decreased the bulk density by 21-25%. Extrusion process of a mixture with a moisture content of 34.5% without and with steam venting was unstable and did not allowed to obtain samples of extrudates with acceptable quality. The proposed method for extrusion of high-moisture blend of wheat flour with carrot bagasse can be basis for developing technologies for the production of ready-to-eat extruded products using moist food by-products of fruits and vegetables processing.

Keywords: extrusion cooking, food by-products, carrot bagasse, wet raw materials, steam venting

Для цитирования

Шариков А.Ю., Степанов В.И., Иванов В.В., Поливановская Д.В., Амелякина М.В. Экструдирование смесей пшеницы и выжимок моркови повышенной влажности в технологии продуктов, готовых к употреблению // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 43–49. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-43-49

For citation

Sharikov A.Yu., Stepanov V.I., Ivanov V.V., Polivanovskaya D.V., Amelyakina M.V. Extrusion cooking of wet mixtures of wheat flour with carrot bagasse in technology of ready-to-eat products. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 43–49. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-43-49

Введение

Одним из факторов возникновения и роста неинфекционных заболеваний является несбалансированное питание, в том числе отсутствие в рационе достаточного количества пищевых волокон. Дефицит пищевых волокон в рационе может вызвать раковые заболевания, ожирение, сахарный диабет, увеличивает риск сердечнососудистых заболеваний и гипертонии, также снижается ассоциированное потребление антиоксидантов, витаминов, минералов, фитоэстрогенов [1, 2]. Под влиянием пищевых волокон улучшается микрофлора кишечника, усиливается синтез витаминов В1, В2, В6, РР и фолиевой кислоты кишечными бактериями [3]. Одними из основных естественных источников пищевых волокон являются овощи и плоды, которые также в своем составе содержат флавоноиды, антиоксиданты, витамины [4, 5]. Продукты переработки плодоовощного сырья являются перспективными ингредиентами для комплексного обогащения биологическими активными веществами продуктов питания с низкой пищевой ценностью, например, готовые к употреблению, производимые как правило из рафинированного сырья с высоким содержанием углеводов. Это могут быть снеки, необогащенные готовые завтраки. Такие продукты преимущественно вырабатываются с использованием процесса варочной экструзии, обладающего рядом технологических и экономических преимуществ [6]. Мягкие условия экструзии обеспечивают повышение пищевой ценности перерабатываемых материалов, в процессе экструдирования происходит разрушение антипитательных факторов, клейстеризация крахмала, повышение переваримости белка и растворимости пищевых волокон, снижение окисления липидов [7]. Ряд исследователей проводили работы по использованию продуктов переработки плодов и овощей при разработке экструдированных продуктов питания. Так, при экструдировании смесей пшеничной муки, кукурузного и картофельного крахмала, сухого молока и порошков банана, яблока, клубники или мандарина, вносимых в рецепту в количестве 11% были получены образцы продуктов с высокой органолептической оценкой [8]. запатентован способ получения разноцветных экструдированных изделий, включающий экструдирование смесей, в состав которых могут входить мука и крупы различных зерновых культур, а также до 15% плодоовощных компонентов в виде порошков фруктов, ягод, овощей и зелени, полученных различными видами сушки: сублимационной, инфракрасной, конвекционной [9].

Перспективным при обогащении продуктов питания плодоовощными компонентами является применение не нативного или высушенного сырья, а вторичных сырьевых ресурсов – продуктов его переработки, например, выжимок от производства соков, так как это способствует развитию комплексных, безотходных и ресурсосберегающих технологий [10, 11], и позволяет использовать относительно дешевые ингредиенты с высокой пищевой ценностью.

Разработана экструзионная технология переработки крошки из черствого и деформированного хлеба с 3–5% добавкой свекольно-паточного порошкообразного полуфабриката [12] при температуре экструдирования составляет 160–180 °С, 12–15% влажности перерабатываемой смеси и скорости вращения шнека 4,95–6,28 с⁻¹. Также проведено исследование по использованию подсушенной до 10% влажности мезги моркови и тыквы при разработке поликомпонентных экструдированных продуктов с варьированием содержания в рецептуре исходной смеси порошков выжимок от 5 до 15% [13].

Тем не менее, использование предварительной сушки плодоовощного сырья и продуктов его переработки предполагает значительные трудовые и энергозатраты, что существенно увеличивает стоимость данных ингредиентов и влияет на себестоимость готовой продукции. Более перспективным технологическим решением является производство готовых экструзионных продуктов при переработке смесей зерновых с высоковлажным вторичными плодоовощным сырьем без использования предварительной подсушки. Лимитирующим фактором для получения качественного продукта при этом может быть влажность экструдруемой смеси – режимный параметр, снижающий вязкость расплава при экструзии с соответствующим влиянием на температуру, давление экструдирования и свойства получаемых экструдатов. Известен способ модернизации экструдера, в котором к выходной матрице присоединена система вакуумирования, включающая вакуум-камеру, вакуумным насос и выгрузной камерой с шпозовым затвором [14]. Такое техническое решение позволяет использовать давление в вакуумной камере в качестве дополнительного управляющего фактора и воздействовать на интенсивность формирования пористой структуры экструдатов и индекс их расширения при переработке в том числе влажных смесей без потери качества.

Альтернативным способом влияния на режимы экструдирования при переработке влажного сырья может быть отбор пара непосредственно из камеры экструдера до выхода жгута через отверстия фильеры, что не требует подключения системы вакуумирования.

Целью работы являлось исследование процесса экструдирования с отбором и без отбора пара смесей зерновых с влажными вторичными сырьевыми ресурсами переработки плодоовощного сырья на примере зерна пшеницы и выжимок моркови для создания научного задела при разработке технологии производства поликомпонентных, готовых к употреблению продуктов.

Материалы и методы

Объектами исследования являлись смеси измельченного зерна пшеницы и добавляемых в количестве 5–30% выжимок моркови, полученных в результате отжима сока на соковыжималке центрифужного типа при факторе разделения 2000g. Влажность выжимок после отжима сока составляла 84%. Помол зерна пшеницы с содержанием крахмала 57% и влажностью 11,7% характеризовался 80% проходом через сито ϕ 1,0 мм.

Экструдирование осуществлялось с использованием модернизированного двухшнекового экструдера Werner&Pleiderer Continua 37 (Германия) с диаметром шнеков и удельной

длиной 37 мм и 27, соответственно. Конфигурация шнековых органов представляла собой следующую комбинацию элементов от зоны загрузки к отверстиям фильеры: 580 мм – транспортирующие элементы с шагом 40 мм, 50 мм – реверсивные элементы с шагом 10 мм, 260 мм – транспортирующие элементы с шагом 40 мм, 40 мм – месильные элементы толщиной 10 мм, реверсивный элемент с шагом 10 мм и транспортирующий элемент длиной 50 мм с шагом 40 мм. Для обеспечения дополнительного обезвоживания перерабатываемого сырья было использовано штатное технологическое отверстие в экструзионной камере, расположенное после группы реверсивных элементов, соединенное через камеру-патрубок и трубопровод с манометром и вентилем, необходимым для контроля и регулирования влагоиспарения в процессе термопластической экструзии. Конфигурация шнековых органов и расположение узла пароотведения схематично представлены на рисунке 1.

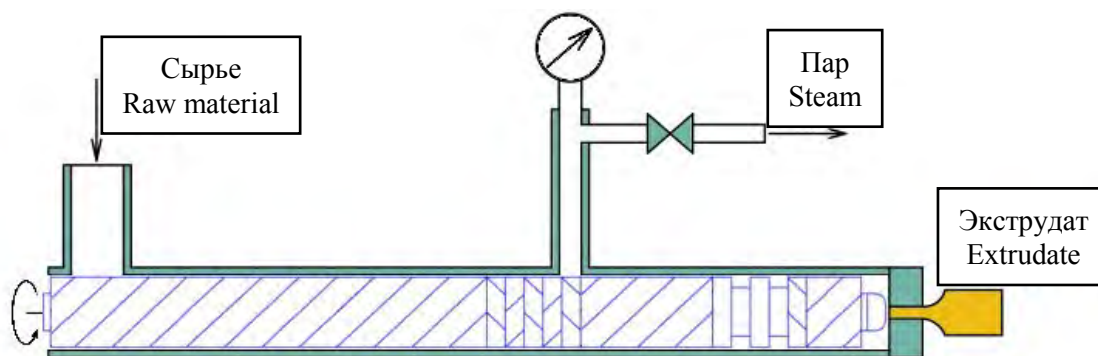


Рисунок 1. Геометрический профиль шнековых органов и узел влагоиспарения
Figure 1. Extruder screw design and installation for steam venting

Матрица экструдера была оборудована фильерой с 2 отверстиями диаметром 3 мм. Производительность по сырью составляла 12 кг/час, скорость вращения шнеков 250 об/мин, скорость резки гранул 710 об/мин.

Анализ влажности образцов исходного сырья и экструдатов проводили с использованием влагомера ML-50 (A&D, Япония) при 130 °C и величине навесок 1–3 г.

Проекструдированные продукты оценивали по коэффициенту взрыва насыпной плотности. Коэффициент взрыва определяли как соотношение площадей поперечного сечения образцов экструдата и отверстия фильеры. Для нивелирования факторов формы и размера гранул насыпную плотность определяли для измельченных в идентичных условиях продуктов экструзии, помол которых характеризовался 100% проходом через сито 1 мм.

Результаты и обсуждение

Первым этапом исследования являлось изучение влияния содержания выжимок моркови в смеси с помолом пшеницы на процесс экструдирования. Готовили смеси для экструдирования с внесением овощного компонента в количестве 5, 10, 20 и 30%. В результате кондуктивного массообмена при смешивании влажность исходных смесей изменялась в зависимости от содержания выжимок. Уже при 5% содержании компонента моркови влажосодержание увеличилось до 15,4%. С увеличением количества выжимок в смеси до 10% и более влажность превысила значения, соответствующие штатным режимам экструзионного процесса.

Экструзия готовых смесей осуществлялась при постоянных значениях технологических параметров – скорости вращения шнеков, температуры посекционного нагрева камеры,

производительности. Предварительный нагрев камеры экструдера осуществлялся до температуры 80 °С в центральной зоне и до 170 °С в двух

последних зонах. В таблице 1 представлены режимные параметры экструдирования и технологические показатели полученных продуктов.

Таблица 1.
Режимные параметры и технологические показатели экструдированных продуктов с выжимками моркови

Table 1.

Extrusion regimes and properties of wheat extrudates with carrot bagasse

Содержание выжимок в смеси, % Carrot bagasse content in the mixture, %	0	5	10	20	30
Влажность смеси, % Mixture's moisture, %	16,0	15,4	19,2	26,2	33,5
Момент нагрузки, % Torgue, %	42	42	38	22	16
Температура, °С Temperature, °С	184	183	183	171	160
Давление, МПа Die pressure, MPa	4,0	3,7	3,5	2,1	1,5
Влажность экструдата, % Extrudate's moisture, %	7,7	7,5	8,9	10,2	18,4
Коэфф. Взрыва Expansion index	8,0	8,3	6,8	4,1	2,2
Насыпная плотность кг/м ³ Bulk density, kg/m ³	646	591	776	821	910

В качестве контроля использовали помол пшеницы, в процессе экструдирования которого в камеру экструдера дополнительно дозировали воду.

Увеличение содержания выжимок в смеси с 5 до 30% снижало температуру экструдирования в предматричной зоне экструдера с 183 до 160 °С, при этом происходило уменьшение момента нагрузки экструдера с 42 до 16% и, соответственно, снижение давления в предматричной зоне с 3,7 до 1,5 МПа. При этом влажность получаемого продукта возрастала от 7,5 до 18,4%, коэффициент взрыва уменьшился с 8,3 до 2,2, а насыпная масса измельченных для стандартизации экструдатов увеличилась с 591 до 910 кг/м³. На рисунке 2 представлены фотографии экструдатов полученных с 5 и 30% содержанием выжимок моркови.



Рисунок 2. Экструдаты пшеницы с выжимками моркови: а) – 5% выжимок; б) – 30% выжимок

Figure 2. Wheat extrudates with carrot bagasse: a) – with 5% of bagasse; b) – with 30% of bagasse

Наиболее приемлемыми с потребительской точки зрения были признаны экструдаты с 5% и 10% содержанием выжимок. Образцы с большим количеством выжимок в рецептуре характеризовались плотной, твердой и стекловидной структурой. Полученные результаты согласуются с известными данными влияния увеличения влагосодержания на снижение коэффициента взрыва, повышение насыпной плотности и твердости экструдатов [14].

Таким образом, утилизировать выжимки моркови при экструдировании в штатном режиме для получения продукта с хорошей органолептической оценкой без конструктивных изменений возможно только внося в рецептуру не более 10% вторичного сырьевого ресурса. Для преодоления этого лимитирующего значения был разработан способ дополнительного отбора пара в средней части камеры экструдера непосредственно в процессе варочной экструзии. Для контроля и регулирования влагоиспарения перерабатываемого сырья на отводном трубопроводе был установлен манометр с вентилем.

Проведено исследование процесса экструдирования смесей измельченной пшеницы с внесением 20, 25 и 30% выжимок моркови. Предварительный нагрев камеры экструдера осуществлялся до температуры 90 °С в центральной зоне и до 200 °С в двух последних зонах. В таблице 2 представлены режимные параметры процесса экструдирования высоковлажного сырья с отбором и без отбора пара, а также свойства полученных экструдатов.

Режимные параметры экструдирования смесей измельченного зерна пшеницы и морковных выжимок с дополнительным отбором пара

Table 2.

Extrusion regimes with steam venting and properties of the obtained wheat extrudates enriched with carrot bagasse

Содержание выжимок в смеси, % Carrot bagasse content in the mixture, %	20	20	25	25	25	30	30
Режим отбора пара Regime of steam venting	без отбора Off	с отбором On	без отбора Off	с отбором On	с отбором On	без отбора Off	с отбором On
Давление пара в устройстве отбора, Мпа Steam pressure in venting installation, MPa	0,50	0,30	0,50	0,25	0,15	0,50	0,02
Момент нагрузки, % Torgue, %	18	40	15	45	55	Режим неустойчивый Unstable regime	Режим неустойчивый Unstable regime
Температура, °С Temperature, °C	180	190	170	185	205		
Давление, МПа Die pressure, MPa	1,6	3,3	1,2	3,8	4,5		
Влажность экструдата, % Extrudate's moisture, %	13,1	7,1	15,3	8,5	4,1	Формования гранул не происходило Nogranules formation	
Коэфф. взрыва Expansion index	4,0	8,5	2,8	7,8	8,2		
Насыпная плотность кг/м³ Bulkdensity. kg/m³	810	634	905	675	647		

Влажность смесей для экструдирования с 20, 25 и 30% выжимок моркови составляла 26,5, 28,9 и 34,5%, соответственно. При экструдировании высоковлажная смесь перемещалась вращающимися самоочищающимися транспортирующими шнеками в зону реверсивных элементов с одновременным разогревом под действием внешнего обогрева и диссипации механической энергии сил трения. В зоне реверсивных элементов температура и давление достигали максимальных значений. Далее сырье попадало в зону с технологическим отверстием и устройством для отвода пара. При переходе из области высоких баро-термических воздействий в зону декомпрессии, где объемная полость транспортирующих элементов, а также дегазационного отверстия и камеры-патрубка значительно превышают размеры полости в зоне реверсивных элементов, происходило падение давления и температуры с разрывом сплошного потока материала и увеличением поверхности испарения. Показателем отвода пара, регулируемого вентилем, являлось снижение давления в устройстве, в результате чего происходило снижение влагосодержания материала в предматричной зоне. Далее расплав сырьевой массы со сниженной

влажностью перемещался в предматричную зону камеры экструдера, а затем выпрессовывался через формирующие отверстия матрицы с соответствующим резким падением давления и интенсивным испарением перегретой влаги сырья.

Данные эксперимента показывают, что при отборе пара из экструдруемой смеси с 20% выжимок происходит увеличение момента нагрузки с 18 до 40% за счет дополнительного отбора пара, при этом в предматричной зоне камеры экструдера происходит увеличение температуры и давления с 180 до 190 °C и с 1,6 до 3,3 МПа, соответственно. При отборе пара с содержанием выжимок моркови 25% происходит увеличение момента нагрузки с 15 до 45% при снижении давления в устройстве отбора пара с 0,5 до 0,25 МПа и до 55% при соответствующем давлении 0,15 МПа. Следствием максимального отбора пара при давлении в устройстве 0,15 МПа являлся дефицит влаги в предматричной зоне экструдера, что вызывало подгорание материала и получение продукта, неприемлемого по органолептическим показателям. На рисунке 3 представлены фотографии образцов экструдатов, полученных из смесей с внесением 25% морковных выжимок.

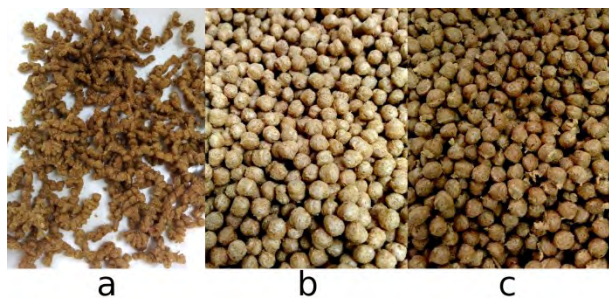


Рисунок 3. Экструдаты пшеницы с 25% добавлением выжимок моркови: а) – без отбора пара; б) – при давлении пара в устройстве отбора 0,25 МПа; в) – при давлении пара в устройстве отбора 0,15 МПа

Figure 3. Wheat extrudates with 25% content of carrot bagasse: а) – without steam venting; б) – with pressure of steam venting 0,25 MPa; в) – with pressure of steam venting 0,15 MPa

Режимы экструдирования смеси с содержанием выжимок моркови 30% с отбором и без отбора пара были неустойчивы из-за неравномерной подачи предельно влажной исходной смеси шнековым дозатором экструзионной установки, и не позволили получить экструдат приемлемого качества.

Отбор пара как технологический прием повысил качество экструдатов. Для каждой смеси более чем в 2 раза возрастал коэффициент взрыва при отборе пара, на 21–25% снижалась насыпная плотность, которая для экструдатов находится в обратной зависимости с твердостью текстуры продукта.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Tarcea M., Rus V., Zita F. Insight of dietary fibers consumption and obesity prevention // *Journal of Obesity & Eating Disorders*. 2017. V. 3. № 1:31. P.1–3. DOI: 10.21767/2471–8203.100031.
- 2 Баланова Ю.А., Шальнова С.А., Деев А.Д., Имаева А.Э. и др. Ожирение в российской популяции – распространенность и ассоциации с факторами риска хронических неинфекционных заболеваний // *Российский кардиологический журнал*. 2018. № 6. С. 123–130. DOI: 10.15829/1560–4071–2018–6–123–130.
- 3 Боков Д.О., Малинкин А.Д., Бессонов В.В., Байгарин Е.К. Пищевые волокна и заболевания желудочно-кишечного тракта // *Вопросы питания*. 2015. № 55. С. 19–20.
- 4 Пивоваров В.Ф., Пышная О.Н., Гуркина Л.К. Овощи – продукты и сырье для функционального питания // *Вопросы питания*. 2017. № 3. С. 121–127.
- 5 Винницкая В. Ф., Данилин С.И., Перфилова О.В. Перспективы развития производства основных видов плодоовощной продукции для полноценного и здорового питания // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. 2014. № 2. С. 45–51.
- 6 Остриков А.Н., Магомедов Г.О., Дерканосова Н.М., Василенко В.Н. и др. Технология экструзионных продуктов. СПб: Проспект науки, 2007. 202 с.
- 7 Singh S., Gamlath S., Wakeling L. Nutritional aspects of food extrusion: a review // *International Journal of Food Science and Technology*. 2007. V. 42. P. 916–929
- 8 Potter R., Stojceska V., Plunkett A. The use of fruit powders in extruded snacks suitable for Children's diets // *LWT – Food science and technology*. 2013. V. 51. P. 537–544

Выводы

В результате проведенного исследования установлена возможность использования высоковлажных выжимок моркови как ингредиента в технологии производства готовых к употреблению продуктов. Внесение этого вторичного сырьевого ресурса до 10% позволяет получать экструдаты без дополнительных конструктивных изменений в экструдере. Использование системы дополнительного отбора пара повышает лимитирующий порог содержания выжимок в рецептуре до 25%. Отбор пара позволяет в этом случае получать экструдаты с показателями качества, соответствующими или даже превышающими значения образцов с внесением до 10% выжимок без отбора пара.

Разработанный способ представляет ряд преимуществ при производстве готовых продуктов питания, позволяет обогащать зерновые экструдаты биологическими активными веществами овощей, утилизирует вторичные сырьевые ресурсы переработки плодоовощной продукции с их использованием в нативной форме без дополнительной подсушки, что является значимым фактором, влияющим на себестоимость готового продукта

Благодарности

Исследования проведены за счет средств субсидии на выполнение государственного задания в рамках Программы Фундаментальных научных исследований государственных академий наук (тема № 0529-2016-0044).

9 Пат. № 2626738, RU. Способ производства экструдированных снежков разных цветов с улучшенными вкусовыми и ароматическими свойствами (варианты) / Мартинчик А.Н., Степанов В.И., Семькин Д.В., Иванов В.В., Шариков А.Ю., Сидорок И.Е.; Заявл. № 2015139704; Оpubл. 22.03.2017, Бюлл. № 9

10 Касьянов Г.И., Тагирова П.Р. Высокотехнологичные процессы переработки вторичных растительных ресурсов // *Научные труды кубанского государственного технологического университета*. 2017. № 5. С. 1–9

11 Перфилова О.В. Яблочные выжимки как источник биологически активных веществ в технологии продуктов питания // *Новые технологии*. 2017. № 4. С. 65–71

12 Остриков А.Н., Абрамов О.В., Рудометкин А.С. Кинетика экструзионного процесса получения хрустящих хлебных палочек // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2001. № 2–3. С. 50–53.

13 Ваншин В.В., Туктамышева А.Р., Новикова Л.В., Халитова Э.Ш. и др. Экструдирование поликомпонентной смеси крахмалсодержащего сырья и мезги плодоовощных культур // *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2014. № 1. С. 156–160.

14 Курочкин А.А., Шабурова Г.В., Фролов Д.И., Воронина П.К. Моделирование процесса получения экструдатов на основе нового технологического решения // *Нива Поволжья*. 2014. № 1(30). С. 70–76.

15 Ainsworth P., Ding Q.B., Tucker G., Plunkett A. et al. The effect of extrusion on the functional and physical properties of wheat-based expanded snacks // *Journal of Food Engineering*. 2006. V. 73. P. 142–148 DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2005.01.013

REFERENCES

- 1 Tarcea M, Rus V, Zita F. Insight of dietary fibers consumption and obesity prevention. *Journal of Obesity & Eating Disorders*. 2017, vol. 3, no 1:31, pp.1–3. DOI: 10.21767/2471–8203.100031
- 2 Balanova Y.A., Shalnova S.A., Deev A.D., Imaeva A.E. et al. Obesity in russian population – prevalence and association with the non-communicable diseases risk factors. *Rossiiskij kardiologicheskij zhurnal* [Russian Journal of Cardiology] 2018, no. 6, pp. 123–130. DOI: 10.15829/1560–4071–2018–6–123–130 (in Russian)
- 3 Bokov D.O., Malinkin A.D., Bessonov V.V., Baygarin E.K. Dietary fiber and diseases of the gastrointestinal tract. *Voprosy pitania* [Problems of nutrition]. 2015, no. S5, pp. 19–20. (In Russ.)
- 4 Pivovarov V.F., Pyshnaya O.N., Gurkina L.K. Vegetables are products and raw material for functional nutrition. *Voprosy pitania* [Problems of nutrition] 2017, no. 3, pp.121–127. (in Russian)
- 5 Vinnitskaya V.F., Danilin S.I., Perfilova O.V. Prospects for the development of production of the main types of fruit and vegetable products for a full and healthy diet. *Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya* [Technologies of food and processing industry of the agroindustrial complex – products of healthy nutrition]. 2014, no. 2, pp. 45–51. (in Russian)
- 6 Ostrikov A.N., Magomedov G.O., Derkanosova N.M., Vasilenko V.N. et al. *Tekhnologiya ehkstruzionnykh produktov* [Technology of extruded products]. Saint-Petersburg, Prospectus of Science. 2007. 202 p. (in Russian)
- 7 Singh S., Gamlath S., Wakeling L. Nutritional aspects of food extrusion: a review. *International Journal of Food Science and Technology*. 2007, vol. 42, pp. 916–929
- 8 Potter R., Stojceska V., Plunkett A. The use of fruit

powders in extruded snacks suitable for Children's diets. *LWT – Food science and technology*. 2013, vol. 51, pp. 537–544

9 Martinchik A.N., Stepanov V.I., Semykin D.V., Ivanov V.V. et al. Sposob proizvodstva ehkstrudirovannykh snehkov raznykh cvetov s uluchshennymi vkusovymi i aromatischeskimi svoystvami (varianty) [Method for producing extruded snacks of various colours with improved taste and aromatic properties (versions)] Patent RF, no. 2626738.

10 Kasyanov G.I., Tagirova P.R. High-tech process of processing of secondary plant resources. *Trudy KubGTU* [Proceedings of KubGTU]. 2017, no. 5, pp. 1–9. (in Russian)

11 Perfilova O.V. Apple extractions as a source of biologically active substances in food technology. *Novye tekhnologii* [Novel technologies]. 2017, no.4, pp. 65–71. (in Russian)

12 Ostrikov A.N., Abramov O.V., Rudometkin A.S. Kinetics of the extrusion process for the production of crispy bread sticks. *Izvestiya Vuzov. Pishchevaya tekhnologiya* [Higher Education Institutions Proceedings. Food Technology]. 2001, no. 2–3, pp. 50–53 (in Russian)

13 Vanshin V.V., Tuktamisheva A.R., Novikova L.V., Khalitova E.Sh. et al. Multicomponent mixture extruding of starch-containing raw material and fruit and vegetable crops pulp. *Vestnik Orenburgskogo gosuniversiteta* [Proceedings of the Orenburg State University] 2014, no.1, pp.156–160. (in Russian)

14 Kurochkin A.A., Shaburova G.V., Frolov D.I., Voronina P.K. Modeling the process of getting extrudates on the basis of new technological solutions. *Niva Povolzh'ya* [Niva of the Volga region]. 2014, no.1(30), pp. 70–76

15 Ainsworth P., Ding Q.B., Tucker G., Plunkett A., Marson H. The effect of extrusion on the functional and physical properties of wheat-based expanded snacks. *Journal of Food Engineering*. 2006, vol. 73, pp. 142–148 DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2005.01.013

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Антон Ю. Шариков к.т.н., старший научный сотрудник, отдел оборудования и новых процессов пищевой биотехнологии, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, ул. Самокатная, 4Б, г. Москва, 111033, Россия, anton.sharikov@gmail.com

Владимир И. Степанов к.т.н., заведующий отделом, отдел оборудования и новых процессов пищевой биотехнологии, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, ул. Самокатная, 4Б, г. Москва, 111033, Россия, stepanov-bio@yandex.ru

Виктор В. Иванов к.т.н., ведущий научный сотрудник, отдел оборудования и новых процессов пищевой биотехнологии, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, ул. Самокатная, 4Б, г. Москва, 111033, Россия, ivanov.v.v@li.ru

Дарья В. Поливановская младший научный сотрудник, отдел оборудования и новых процессов пищевой биотехнологии, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, ул. Самокатная, 4Б, г. Москва, 111033, Россия, dashpol@mail.ru

Мария В. Амелякина младший научный сотрудник, отдел оборудования и новых процессов пищевой биотехнологии, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, ул. Самокатная, 4Б, г. Москва, 111033, Россия, masha.am@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 02.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 17.08.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Anton Yu. Sharikov Cand. Sci. (Engin.), senior researcher, department of equipment and new processes of food biotechnology, Russian research Institute of food biotechnology – a branch of Federal research center of food, biotechnology and food safety, Samokatnaya Str., 4B, Moscow, 111033, Russian Federation, anton.sharikov@gmail.com

Vladimir I. Stepanov Cand. Sci. (Engin.), head of department, department of equipment and new processes of food biotechnology, Russian research Institute of food biotechnology – a branch of Federal research center of food, biotechnology and food safety, Samokatnaya Str., 4B, Moscow, 111033, Russian Federation, stepanov-bio@yandex.ru

Victor V. Ivanov Cand. Sci. (Engin.), leading researcher, department of equipment and new processes of food biotechnology, Russian research Institute of food biotechnology – a branch of Federal research center of food, biotechnology and food safety, Samokatnaya Str., 4B, Moscow, 111033, Russian Federation, ivanov.v.v@li.ru

Darya V. Polivanovskaya junior researcher, department of equipment and new processes of food biotechnology, Russian research Institute of food biotechnology – a branch of Federal research center of food, biotechnology and food safety, Samokatnaya Str., 4B, Moscow, 111033, Russian Federation, dashpol@mail.ru

Maria V. Amelyakina junior researcher, department of equipment and new processes of food biotechnology, Russian research Institute of food biotechnology – a branch of Federal research center of food, biotechnology and food safety, Samokatnaya Str., 4B, Moscow, 111033, Russian Federation, masha.am@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.2.2018

ACCEPTED 8.17.2018

Информационные технологии, моделирование и управление

Оригинальная статья/Original article

УДК 62.012:66.095.26

DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-50-55>

Матрично-графовая модель процесса деструкции полимерных материалов

Анатолий А. Хвостов	¹	Khvtol1974@yandex.ru
Сергей Г. Тихомиров	²	Tikhomirov_57@mail.ru
Игорь А. Хаустов	²	haustov_ia@mail.ru
Алексей А. Журавлев	¹	zhuraa1@rambler.ru
Андрей В. Карманов	²	andrikar93@yandex.ru

¹ ВУНЦ ВВС Военно-воздушная академия им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, Старых Большевиков, 54 «А», г. Воронеж, 394064, Россия

² Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. В работе рассматривается задача математического моделирования процесса термохимической деструкции с использованием теории графов. Для синтеза математической модели предложен аппарат цепей Маркова, при этом для формализации модели используется матрично-графовый метод кодирования. Предлагается рассматривать процесс деструкции как случайный процесс, при котором изменяется состояние системы, характеризующееся долей макромолекул в каждой фракции молекулярно-массового распределения. Интенсивности переходов из состояния в состояние характеризуют соответствующие скорости процессов деструкции для каждой фракции молекулярно-массового распределения (ММР). Процессами структурирования и полимеризации в данной работе пренебрегли, и принято, что существует вероятность перехода из любого состояния с низшим порядковым индексом (соответствующим фракции с более высокими молекулярными весами) в любое состояние с более высоким индексом (соответствующим фракциям с более низкими молекулярными весами). Представлена расчетная формула для оценки числа дуг и параметров модели по заданному числу фракций молекулярно-массового распределения полимера. Показан пример кодирования в матричном виде графовой модели процесса деструкции полибутадиена в растворе для случая шести фракций молекулярно-массового распределения. В качестве среды моделирования использована интерактивная графическая среда имитационного моделирования MathWorks Simulink. Для оценки параметров математической модели были проведены экспериментальные исследования процесса деструкции полибутадиена в растворе. В качестве исходных данных для оценки ММР полимера использовались данные ГПХ раствора полибутадиена. Рассмотренное матрично-графовое представление структуры математической модели процесса деструкции полимеров позволяет упростить составление модели и ее программную реализацию в случае большого количества вершин графа, описывающего процесс деструкции.

Ключевые слова: теория графов, деструкция полимеров, математическое моделирование

Matrix-graph model of the polymer materials destruction process

Anatolii A. Khvostov	¹	Khvtol1974@yandex.ru
Sergei G. Tikhomirov	²	Tikhomirov_57@mail.ru
Igor A. Khaustov	²	haustov_ia@mail.ru
Aleksei A. Zhuravlev	¹	zhuraa1@rambler.ru
Andrei V. Karmanov	²	andrikar93@yandex.ru

¹ N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy, Staryh Bolshevikov St., 54 «A», Voronezh, 394064, Russia

² Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. The paper deals with the problem of mathematical modeling of the process of thermochemical destruction using the theory of graphs. To synthesize a mathematical model, the Markov chain is used. For the formalization of the model a matrix-graph method of coding is used. It is proposed to consider the process of destruction as a random process, under which the state of the system changes, characterized by the proportion of macromolecules in each fraction of the molecular mass distribution. The intensities of transitions from state to state characterize the corresponding rates of destruction processes for each fraction of the molecular weight distribution (MWD). The processes of crosslinking and polymerization in this work have been neglected, and it is accepted that there is a probability of transition from any state with a lower order index (corresponding to fractions with higher molecular weights) to any state with a higher index (corresponding fractions with lower molecular weights). A computational formula is presented for estimating the number of arcs and model parameters from a given number of fractions of the molecular weight distribution of the polymer. An example of coding in a matrix form of a graph model of the process of degradation of polybutadiene in solution for the case of six fractions of the molecular weight distribution is shown. As the simulation environment, the interactive graphical simulation environment of MathWorks Simulink is used. To evaluate the parameters of the mathematical model, experimental studies of the degradation of polybutadiene in solution were carried out. The chromatography of the polybutadiene solution was used as the initial data for the estimation of the MWD polymer. The considered matrix-graph representation of the structure of the mathematical model of the polymer destruction process makes it possible to simplify the compilation of the model and its software implementation in the case of a large number of vertices of the graph describing the process of destruction.

Keywords: theory of graphs, destruction of polymers, mathematical modeling

Для цитирования

Хвостов А.А., Тихомиров С.Г., Хаустов И.А., Журавлев А.А., Карманов А.В. Матрично-графовая модель процесса деструкции полимерных материалов // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 50–55. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-50-55

For citation

Khvostov A.A., Tikhomirov S.G., Khaustov I.A., Zhuravlev A.A., Karmanov A.V. Matrix-graph model of the polymer materials destruction process. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 50–55. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-50-55

Введение

Масштабы промышленного производства полимеров постоянно растут, что приводит к накоплению их отходов. В результате процессов старения полимерные материалы перестают выполнять свои функции, в результате чего требуется их утилизация, переработка и по возможности повторное использование в промышленном производстве. Одними из способов переработки полимеров для повторного использования являются процессы их деструкции различными методами (механическая, термическая, химическая, радиационная и их комбинации) [1].

Механизм деструкции полимеров представляет собой последовательность случайных событий (элементарных актов деструкции) с конечным количеством исходов, которые можно рассматривать как в дискретные моменты времени, так и непрерывно. При этом вероятность перехода в новое состояние (молекулярно-массовое распределение (ММР) полимера) зависит только от состояния, из которого совершается переход и не зависит от всей предыстории процесса. Для описания такого рода процессов может использоваться математический аппарат теории цепей Маркова [2, 3].

Математическая формализация таких процессов включает графические изображения состояний и переходов в виде нагруженных ориентированных графов (рисунок 1), на основе которых составляются системы уравнений Колмогорова-Чепмена [4]. Ввиду большого количества состояний, определяемого числом фракций и описываемых функцией ММР, а также общности процессов деструкции полимеров, актуальна задача разработки общей матрично-графовой модели, описывающей основные закономерности процесса.

Методика

Основные положения модели: случайная переменная $P_i(t)$ характеризует долю макромолекул длины, соответствующей i фракции ММР в момент времени t . Вероятностный смысл – отношение количества макромолекул в данной фракции (благоприятных исходов) к их общему числу. Под действием агента деструкции с течением времени система макромолекул может переходить из одного состояния в другое. Дискретное конечное множество состояний в соответствии с принятой шкалой описывается множеством состояний в виде следующего множества $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}, n \in \mathbb{N}$, где s_n – числовой диапазон длин (масс) макромолекул в i -ой фракции. В рамках теории цепей Маркова приняты следующие допущения: процесс деструкции носит последовательный характер; интенсивность перехода из одного состояния

в другое отражает интенсивность процесса деструкции и характеризуется величиной $\lambda_{i,j}$, а интенсивности обратных переходов равны нулю; процесс деструкции моделируется переходом из состояния X_i в x_j , где $j > i$, при этом интенсивностью переходов $\lambda_{j,i}$ пренебрегаем; состояние системы характеризуется вероятностью P_i , где $i = 1, N$, где N – количество фракций. При принятых допущениях граф Γ состояний представлен на рисунке 1. Распределение макромолекул по фракциям соответствует индексам (пусть $i=1$ фракция с наибольшей молекулярной массой или длиной).

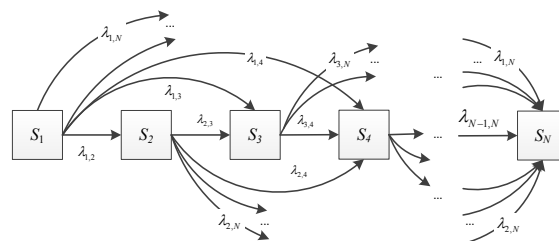


Рисунок 1. Граф состояний процесса деструкции полимеров

Figure 1. Graph of states of the process of destruction of polymers

Обозначим множество вершин $V = \{v_1, v_2, \dots, v_N\}$, а множество дуг $D = \{d_1, d_2, \dots, d_K\}$, где N – число вершин, K – число дуг.

Первой задачей для синтеза матрично-графовой модели процесса деструкции является нахождение числа дуг. Для этого сначала рассчитаем число дуг K по заданному числу вершин и структуре графа в виде Γ . Рассчитаем число дуг для 2-х узлов (рисунок 2).

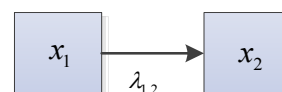


Рисунок 2. Граф, состоящий из двух вершин

Figure 2. Graph consisting of 2 nodes

Для графа (рисунок 2) имеем количество дуг $K_2 = 2 - 1 = 1$, через число вершин $N(V) = 2, K_2 = N - 1$.

Для графа из 3-х вершин к имеющемуся количеству дуг, равному 1, добавится число дуг, равное 3 за вычетом уже имеющейся дуги (рисунок 3).

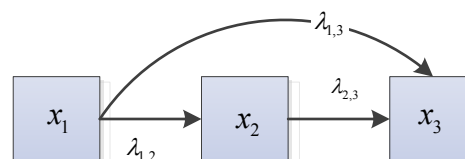


Рисунок 3. Граф, состоящий из 3-х вершин

Figure 3. Graph consisting of 3 nodes

Имеющееся число дуг представим через количество вершин как $N-2$, а добавляющееся как $N-1$. Так, для $N(I)=3$, $K_3=1+2=3$, через число вершин $K_3=(N-1)+(N-2)=(3-2)+(3-1)=3$.

Тогда, добавляя каждый раз к имеющемуся числу дуг по $(N-(N-1))$, получим для N вершин $N-1$ слагаемых вида:

$$K_N = (N-1) + (N-2) + \dots + [N-(N-1)] \quad (1)$$

Представляя выражение (1) как сумму арифметической прогрессии первых $(N-1)$ членов с первым членом $a_n = 1$ и разностью $d=1$, запишем:

$$K_N = \frac{1+(N-1)}{2}(N-1) = \frac{N(N-1)}{2} \quad (2)$$

Проверим методом математической индукции, что формула (2) для расчета количества дуг для N вершинного графа типа Γ верна:

- 1) $K_2 = \frac{N(N-1)}{2} = \frac{2(2-1)}{2} = 1$, истинно,
- 2) $K_3 = \frac{N(N-1)}{2} = \frac{3(3-1)}{2} = 3$, истинно,
- 3) $K_4 = \frac{N(N-1)}{2} = \frac{4(4-1)}{2} = 6$, истинно

(проверяется непосредственно по графу), следовательно, формула (2) справедлива для всех натуральных $N \geq 2$.

Следующей задачей ввиду громоздкости графического изображения графа Γ является его кодирование матрицами смежности и инцидентности.

Матрица смежности для графа Γ_N имеет размер $N \cdot N$ и принимает вид:

$$A(\Gamma_N) = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & \dots & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

при этом генератор матрицы задается системой

$$a_{ij}(\Gamma_N) = \begin{cases} 0, \forall i \geq j \\ 1, \forall i < j \end{cases} \quad (3)$$

Матрицу инцидентности зададим конкатенацией подматриц, соответствующих дугам, исходящим из каждой i -ой вершины, при этом количество подматриц $N-1$, число строк N , число столбцов матрицы равно числу дуг K , а i -ой подматрицы $K-l$, где $l=1 \dots N$:

$$B(\Gamma_N) = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 & \dots & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \end{pmatrix} \oplus \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 & \dots & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \end{pmatrix} \oplus \dots \oplus \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \dots \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

где операция $\oplus$ подразумевает конкатенацию матриц.

Тогда генератор каждой подматрицы для i -ой вершины с соответствующим числом исходящих дуг $K-l$:

$$b_{ij}^{[K-l]} = \begin{cases} -1, \forall i = K-l \\ 1, \forall (i = j \wedge i > K-l), \\ 0, \forall (i \neq l \wedge i \neq j) \end{cases} \quad (5)$$

$$i = 1 \dots N, j = 1 \dots K-l$$

При наличии обратных переходов, отражающих явления структурирования или полимеризации, возникающие одновременно с основным процессом деструкции, матрицы видоизменяются с учетом новых переходов. Например, для графа, представленного на рисунке 4 матрицы смежности и инцидентности примут вид:

$$A(\Gamma) = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad B(\Gamma) = \begin{pmatrix} -1 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & -1 \end{pmatrix}.$$

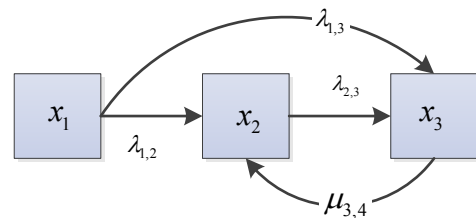


Рисунок 4. Граф с обратными переходами

Figure 4. Graph with backward transitions

Для учета интенсивности переходов λ_{ij} используется нагруженный граф и соответствующие матрицы смежности и инцидентности. Например, для графа, представленного на рисунке 4, матрицы примут вид:

$$A(\Gamma) = \begin{pmatrix} 0 & \lambda_{1,2} & \lambda_{1,3} \\ 0 & 0 & \lambda_{2,3} \\ 0 & \mu_{3,2} & 0 \end{pmatrix}, B(\Gamma) = \begin{pmatrix} -1 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & -1 \end{pmatrix}.$$

Таким образом, матрицы смежности и инцидентности задают структуру нагруженного графа, описывающего процесс деструкции полимера. Рассмотрим пример синтеза матрично-графовой модели для процесса деструкции полибутадиена в растворе. В качестве исходных данных для оценки ММР полимера использовались данные ГПХ раствора полибутадиена. Из исходной

хроматограммы, содержащей 100 фракций усреднением выделено 6 фракций. Определение молекулярных параметров и молекулярно-массового распределения образцов каучука осуществлялись с помощью ГПХ. В качестве оборудования для ГПХ анализа применялась система Breeze фирмы Waters. Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 1. Ввиду наибольшей интенсивности процесса деструкции в первый час и необходимости идентификации всех 6-ти фракций ММР разбиение на фракции в ходе процесса деструкции отличается от исходного.

Таблица 1.

Результаты экспериментальных исследований

Table 1.

Results of experimental studies

№ фракции	масса M (ln M)	доля фракции при t, ч	масса M (lnM)	доля фракции при t, ч			
		0		2	3	4	5
P _{6,0}	6–7.7	0	31000 (10.34)	0.667	0.887	0.98	0.992
P _{5,0}	7.7–9.3	0.01	93000 (11.44)	0.234	0.097	0.02	0.007
P _{3,0}	9.3–11	0.255	155000(11.95)	0.058	0.016	0	0
P _{4,0}	11–12.7	0.62	217000(12.3)	0.02	0	0	0
P _{2,0}	12.7–14.3	0.39	279000(12.54)	0.011	0	0	0
P _{1,0}	14.3–16	0.01	341000(12.74)	0.01	0	0	0

Для заданных условий число вершин графа $N = 6$, число дуг K рассчитаем через число вершин по формуле (2) как $K = \frac{6(6-1)}{2} = 15$.

Матрица смежности для скрытой части графа Γ_6 имеет размер 6×6 и в соответствии с генератором (3) примет вид:

$$A(\Gamma) = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Соответствующая матрица инцидентности примет вид:

$$B(\Gamma) = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \oplus \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \oplus \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \oplus \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ -1 & -1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \oplus \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

Используя полученные матрицы, описывающие структуру графа, синтезируем математическую модель в виде графа (рисунок 5) и матричного уравнения Колмогорова-Чепмена

$$\frac{d\mathbf{P}}{dt} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{P}, \mathbf{P}|_{t=0} = \mathbf{P}_0, \quad (6)$$

где

$$\Lambda = \begin{bmatrix} -\sum_{j=2}^N \lambda_{1,j} & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \lambda_{1,2} & -\sum_{j=3}^N \lambda_{2,j} & \dots & 0 & \dots & 0 \\ & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \lambda_{1,i} & \lambda_{2,i} & \dots & -\sum_{j=i+1}^N \lambda_{i,j} & \dots & 0 \\ & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \lambda_{1,N} & \lambda_{2,N} & \dots & \dots & \dots & \lambda_{N-1,N} & 0 \end{bmatrix},$$

$$P = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \dots \\ P_i \\ \dots \\ P_N \end{bmatrix}, \quad P_0 = \begin{bmatrix} P_{10} \\ P_{20} \\ \dots \\ P_{i0} \\ \dots \\ P_{N0} \end{bmatrix},$$

при этом интенсивности потоков $\lambda_{i,j}$ постоянны, вектор P_0 задает начальное ММР полимера до начала процесса деструкции.

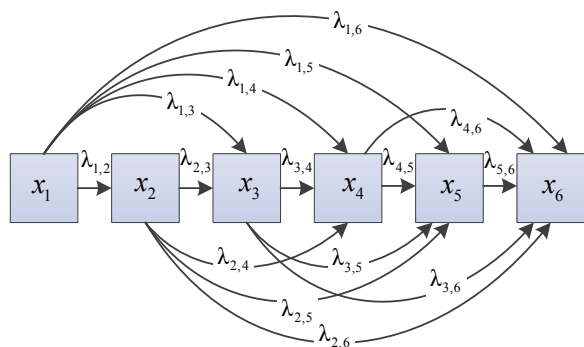


Рисунок 5. Граф, моделирующий процесс деструкции полимера с ММР из шести фракций

Figure 5. Graph modeling the process of destruction of polymer with MWD with six fractions

Структурная схема математической модели процесса деструкции полимера в виде в формате MathWorks Simulink™, реализующая математическую модель (6) на основе методов [5, 6], представлена на рисунке 6.

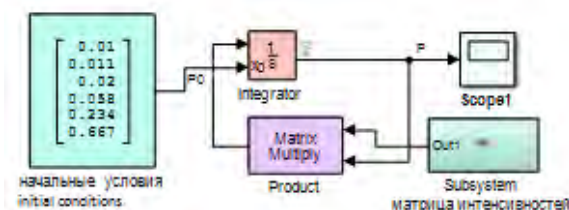


Рисунок 6. Структурная схема математической модели в среде Simulink

Figure 6. Structural diagram of the mathematical model in the Simulink environment

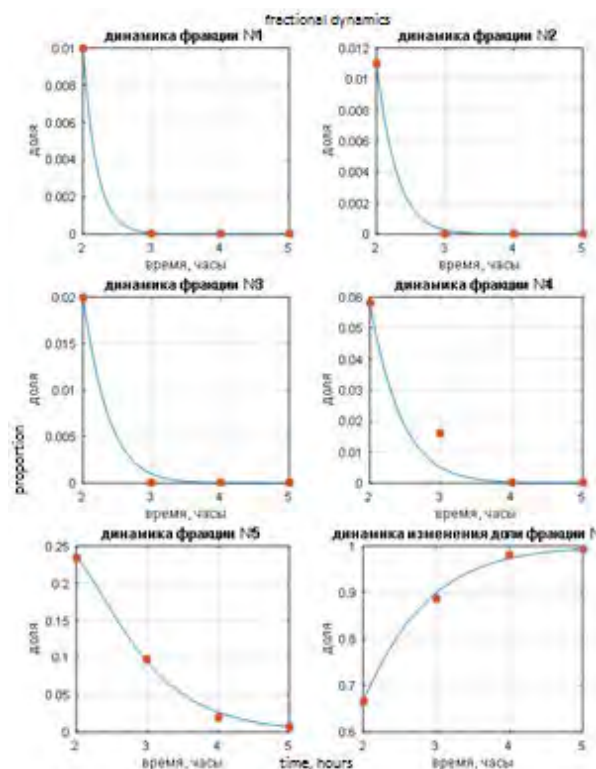


Рисунок 7. Динамика изменения фракционного состава какого-то полимеров ходе процесса деструкции (расчетные (—) и экспериментальные (•) данные)

Figure 7. Dynamics of changes in the fractional composition of a polymer during the destruction process (calculated (—) and experimental (•) data)

Для численного поиска значений параметров минимизировалось среднеквадратичное отклонение расчетных данных от экспериментальных по каждой фракции

$$S = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N (P_j(t_i)^{exper} - P_j(t_i)^{calc})^2 \xrightarrow{\lambda} \min, \quad (7)$$

где M , N – количество фракций и точек контроля при заданном времени деструкции соответственно.

Для минимизации критерия (7) использовался нелинейный метод наименьших квадратов на основе алгоритма Левенберга-Марквардта [7] из библиотеки Optimization Toolbox Math Works™ [8].

Полученные в результате параметрической идентификации на основе данных натурного эксперимента значения $\lambda_{i,j}$ позволяют, задавая начальным фракционным составом, рассчитывать долю каждой фракции в ходе процесса деструкции (рисунок 7).

Выводы

Рассмотренное матрично-графовое представление структуры математической модели процесса деструкции полимеров позволяет упростить составление модели и ее программную реализацию в случае большого количества вершин графа, описывающего процесс деструкции.

Кроме того, использование матрично-графовой модели делает возможным решать типовые оптимизационные задачи на графах для анализа интенсивности процессов деструкции в пределах заданных

фракций (задачи о поиске наикратчайшего пути графа), что позволит выявить пути дальнейшей оптимизации режимов процесса деструкции и совершенствовать алгоритмы управления процессом.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Битюков В.К. и др. Системный анализ процесса термоокислительной деструкции полимеров в растворе как объекта управления // Вестник ВГУИТ. 2014. № 3 (61). С. 61–66.
- 2 Битюков В.К., Хвостов А.А., Тихомиров С.Г., Иванов А.В. и др. Синтез Марковской модели термохимической деструкции полимера в растворе // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 3. С. 57–64.
- 3 Хвостов А.А. и др. Математическое моделирование процесса гомогенизации молочных продуктов с использованием цепей Маркова // Молочная промышленность. 2016. № 8. С. 16–19.
- 4 Paul A. Gagniuc Markov Chains: From Theory to Implementation and Experimentation // John Wiley & Sons. 2017.
- 5 Herman R.L. Solving Differential Equations Using Simulink. 2017.
- 6 Cleve B. Moler: Numerical Computing with MATLAB. Massachusetts: The MathWorks, Inc., Natick, 2008.
- 7 Branch M.A., Grace A. MATLAB Optimization Toolbox User's Guide // MathWorks. 1996.
- 8 Messac A. Optimization in Practice with MATLAB. Cambridge University Press, 2015.
- 9 Morontsev A. A. et al. Modification of silicon-substituted polynorbornenes by epoxidation of main chain double bonds // Polymer Science Series B. 2016. Т. 58. №. 6. P. 695-702.
- 10 Burya A. I., Naberezhnaya O. A., Arlamova N. T. Investigation of the thermal destruction process of aromatic polyamides and organic plastics based on them // Journal of Characterization and Development of Novel Materials. 2015. V. 7. №. 2. P. 171.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Анатолий А. Хвостов д.т.н., профессор, кафедра математики, ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул. Старых Большевиков, 54 «А», г. Воронеж, Россия, Khvtol1974@yandex.ru
Сергей Г. Тихомиров д.т.н., профессор, кафедра информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, Tikhomirov_57@mail.ru
Игорь А. Хаустов д.т.н., зав. кафедрой, кафедра информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, haustov_ia@mail.ru
Алексей А. Журавлев к.т.н., доцент, кафедра математики, ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул. Старых Большевиков, 54 «А», г. Воронеж, Россия, zhuraa1@rambler.ru
Андрей В. Карманов кафедра автоматизированных и вычислительных систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 07.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 11.04.2018

REFERENCES

1. Bityukov V.K., Khaustov I.A., Khvostov A.A., Popov A.P. System analysis of the process of thermooxidative degradation of polymers in solution as a control object. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of Voronezh State University of Engineering Technologies] 2014. no. 3 (61). pp. 61–66. (in Russian)
2. Bityukov V.K., Khvostov A.A., Tikhomirov S.G., Ivanov A.V. et al. Synthesis of the Markov model of thermochemical degradation of polymer in solution. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of Voronezh State University of Engineering Technologies] 2017. no. 3 (79). pp. 57–64. (in Russian).
3. Khvostov A.A. et al. Mathematical modeling of the process of homogenization of dairy products using Markov chains. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry] 2016. no. 8. pp. 16–19. (in Russian).
4. Paul A. Gagniuc Markov Chains: From Theory to Implementation and Experimentation. John Wiley & Sons. 2017.
5. Herman R.L. Solving Differential Equations Using Simulink. 2017.
6. Cleve B. Moler: Numerical Computing with MATLAB. Massachusetts: The MathWorks, Inc., Natick, 2008.
7. Branch M.A., Grace A. MATLAB Optimization Toolbox User's Guide. MathWorks. 1996.
8. Messac A. Optimization in Practice with MATLAB. Cambridge University Press, 2015.
9. Morontsev A. A. et al. Modification of silicon-substituted polynorbornenes by epoxidation of main chain double bonds. *Polymer Science Series B*. 2016. vol. 58. no. 6. pp. 695-702.
10. Burya A. I., Naberezhnaya O. A., Arlamova N. T. Investigation of the thermal destruction process of aromatic polyamides and organic plastics based on them. *Journal of Characterization and Development of Novel Materials*. 2015. vol. 7. no. 2. pp. 171.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Anatolii A. Khvostov Dr. Sci. (Engin.), professor, Department of Mathematic, N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy, Saryh Bolshevikov St., 54A, Voronezh, 394064, Russia, Khvtol1974@yandex.ru
Sergei G. Tikhomirov Dr. Sci. (Engin.), professor, Information & control system department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, Tikhomirov_57@mail.ru
Igor A. Khaustov Dr. Sci. (Engin.), Information & control system department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, haustov_ia@mail.ru
Aleksei A. Zhuravlev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Department of Mathematic, N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy, Saryh Bolshevikov St., 54A, Voronezh, 394064, Russia, zhuraa1@rambler.ru
Andrey V. Karmanov Automated and Computing Systems Department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.7.2018

ACCEPTED 4.11.2018

Различные способы поиска матрицы обратной связи для линейной динамической системы

Дмитрий А. Литвинов¹ d77013378@yandex.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Использование обратной связи в линейных динамических системах является важной задачей, так как позволяет осуществлять корректировку функции управления на основании информации о состоянии системы. Особенно актуально использование матрицы обратной связи K , позволяющей сделать зависимость между состоянием и управлением статической и линейной. Сложность возникает, если на функцию состояния накладывается краевое условие не только в начальной, но и в конечной точке. Для поиска матрицы обратной связи нужно разложить в ряд матрицу замкнутой системы M , заданную параметрически, и решить необходимые уравнения. Предварительно нужно ответить на вопрос: какими свойствами должна обладать матрица M для того, чтобы данные уравнения были разрешимы. В рамках данной статьи рассматриваются такие типы матриц M , для которых ответ на поставленный вопрос не представляет сложности. Первый тип включает в себя матрицы, в которых все элементы, за исключением главной диагонали равны нулю, второй тип — такие матрицы в которых все элементы, за исключением некоторого столбца, равны нулю, третий тип — матрицы, где нули за пределами некоторой строки. Четвертый тип представляет из себя матрицы, где ненулевые элементы расположены по диагонали начиная с $k + 1$ элемента первой строки. Матрицы первых трех типов позволяют найти связь между компонентами краевых условий, необходимую для существования матрицы обратной связи K . Для матриц четвертого типа получить аналитически такую связь сложно. Однако, для матриц такого типа будет не сложно подсчитать матричную экспоненту численными методами, что также облегчает решение поставленной задачи.

Ключевые слова: линейная динамическая система, управление, обратная связь, матрица обратной связи, матричная экспонента, особые типы матриц

Different ways of finding the feedback matrix for a linear dynamical system

Dmitriy A. Litvinov¹ d77013378@yandex.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. Using of feedback in linear dynamical systems is an important task, because it allows to correct the control function by using the information about the state of the system. Using of the feedback matrix K , which makes possible to make a relationship between the state and control static and linear is particularly relevant. The complexity arises if the boundary condition is imposed on a state function not only in the initial, but also at the final point. We need to expand the defined parametrically matrix M of the closed system into a series and solve the necessary equations to find the feedback matrix K . First we need to answer the question: what are the properties of the matrix M in order for these equations to be solvable. Within the framework of this article, we consider types of matrices M for which the answer to the posed question is not difficult. The first type includes matrices in which all elements except for the main diagonal are equal to zero, the second type includes those in which all elements except for some column are zero, the third type includes the matrices where the zeros are outside of some row. The fourth type is a matrix, where non-zero elements are arranged diagonally starting with $k + 1$ elements of the first row. The matrices of the first three types allow us to find the connection between the components of the boundary conditions necessary for the existence of the feedback matrix K . For matrices of the fourth type, it is difficult to obtain such connection analytically. However, it will not be difficult to calculate the matrix exponent by numerical methods for matrices of this type, which also facilitates the solution of the problem.

Keywords: linear dynamic system, control, feedback, feedback matrix, matrix exponent, special types of matrices

Введение

Один из способов синтеза управления связан с идеей обратной связи, которая состоит в том, что управление корректируется в каждый момент времени на основании информации о состоянии системы. Одним из самых распространенных способов построения обратной связи для динамических систем является метод, основанный на использовании матрицы обратной связи. Построим постоянную матрицу K , необходимую для построения линейной статической обратной связи по состоянию $u = Kx$, обеспечивающей наилучшее значение критерия оптимальности в классе любых управлений [1, 2].

Над данной проблемой работали многие исследователи. В [1] строится стабилизирующая матрица обратной связи, придающая функции состояния системы асимптотическую устойчивость. Это также рассматривалось в [3–5], авторы которых ставят вопрос о построении разряженной обратной связи, что позволяет сделать нулевыми максимальное количество компонент функции управления.

В [6–7] рассматривалась возможность перехода из начальной точки в конечную с помощью метода, основанного на матричных рядах, проверяя конечную точку $x(T)$ на возможность перейти в нее из начальной точки $x(0)$.

Для цитирования

Литвинов Д.А. Различные способы поиска матрицы обратной связи для линейной динамической системы // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 56–62. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-56-62

For citation

Litvinov D.A. Different ways of finding the feedback matrix for a linear dynamical system. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 56–62. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-56-62

Здесь показаны случаи, когда задачу из [6–7] можно существенно упростить.

Постановка задачи

Для полностью управляемой динамической системы

$$\dot{x} = Ax + Bu(t), \quad (1)$$

где $x \in R^n$, $u \in R^n$, A и B – постоянные матрицы, $t \in [0, T]$, где T – некоторая точка. Поставлена задача нахождения такой матрицы K , что существует функция управления $u(t)$ и функция состояния (траектория) системы $x(t)$, удовлетворяющие (1) и краевым условиям:

$$x(0) = x_0, x(T) = x_T, \quad (2)$$

и

$$u(t) = Kx(t), \forall t \in [0, T]. \quad (3)$$

Также требуется найти связь между крайними значениями, необходимую и достаточную для решения поставленной задачи.

Подставив (3) в (1), сделаем замену

$$M = A + BK \quad (M : n \times n). \quad (4)$$

Предварительные сведения

Использованы следующие свойства линейных отображений [8].

Оператору B с матрицей $m \times n$ соответствуют следующие разложения пространств в прямые суммы:

$$\begin{aligned} R^n &= \text{Ker}B + \text{Coim}B, R^m = \\ &= \text{Coker}B + \text{Im}B, \end{aligned} \quad (5)$$

где $\text{Ker}B$ – ядро B , то есть множество решений уравнения $Bz = 0$; $\text{Coim}B$ – прямое дополнение к $\text{Ker}B$ в R^n ; $\text{Im}B$ – образ B , то есть множество значений B ; $\text{Coker}B$ – прямое дополнение к $\text{Im}B$

в R^m , то есть подпространство для B . Сужение B отображения B на $\text{Coim}B$ обратимо.

Вводятся проекторы на $\text{Ker}B$ и $\text{Coker}B$, отвечающие разложению (5), которые будут обозначаться P и Q соответственно. Отображение $B^- = \tilde{B}(I - Q)$ называется полуобратным отображением. Здесь I – единичное отображение. Известен следующий результат [8].

Лемма.

Соотношение

$$Bz = w, \quad w \in R^m, \quad z \in R^n \quad (6)$$

эквивалентно системе

$$Qw = 0, \quad (7)$$

$$z = B^-w + Pz, \quad (8)$$

где Pz – некоторый элемент из $\text{Ker}B$.

Решение поставленной задачи

Переформулируем задачу.

Необходимо найти связь между x_0 и x_T , такую что решение $x(t)$ дифференциального уравнения

$$\dot{x} = Mx, \quad (9)$$

с условием

$$x(0) = x_0, \quad (10)$$

удовлетворяет в точке T условию

$$x(T) = x_T. \quad (11)$$

Задача Коши (9), (10) имеет решение

$$x(t) = \exp(Mt) \cdot x_0, \quad (12)$$

где

$$\exp(Mt) = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{M^i t^i}{i!}. \quad (13)$$

Подставив $t = T$ в (12), получим эквивалентное (11) условие:

$$\exp(MT) \cdot x_0 = x_T. \quad (14)$$

Рассмотрим уравнение для нахождения матрицы K :

$$BK = M - A, \quad (15)$$

следующее из (4).

Рассмотрим случай, когда матрица B необратима, так как иначе решение задачи не представляет сложности. В этом случае для разрешимости (15) необходимо и достаточно

$$Q(B)(M - A) = 0. \quad (16)$$

Для разрешимости (15) необходимо и выполнение следующего утверждения:

$$M - A \in \text{Im}B \Leftrightarrow M - A = (I - Q(B))L (\forall L : n \times n).$$

Это эквивалентно тому, что

$$M = A + (I - Q(B))L, \quad (17)$$

тогда

$$K = B^-(M - A) + P_B L_1 \quad (18)$$

с произвольной матрицей $L_1 : n \times n$.

В данной работе рассмотрены 4 таких типа матрицы M , для которых процесс нахождения K , а для первых трех — и проверки условия (14), не представляет трудности.

Особые структуры

1-я структура

$$M = \begin{pmatrix} \alpha_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \alpha_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \alpha_n \end{pmatrix}.$$

Тогда

$$e^{MT} = \begin{pmatrix} e^{\alpha_1 T} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & e^{\alpha_2 T} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \vdots & \vdots & e^{\alpha_n T} \end{pmatrix}$$

Отсюда, пользуясь (14), получим необходимые и достаточные условия на связь между компонентами краевых значений в начальной и конечной точках.

$$\begin{cases} \alpha_1 T = \ln \frac{x_{T1}}{x_{01}} \\ \alpha_2 T = \ln \frac{x_{T2}}{x_{02}} \\ \dots \\ \alpha_n T = \ln \frac{x_{Tn}}{x_{0n}} \end{cases} \quad (19)$$

Более того, очевидно, необходимо чтобы

$$\frac{x_{Ti}}{x_{0i}} > 0 \quad i: \overline{1..n}.$$

Пример

Пусть дана следующая динамическая система.

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 & 0 \\ 2 & 4 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \end{pmatrix}. \quad (20)$$

Следует выяснить, какая должна быть связь между компонентами краевых значений $x_0 = x(0)$ и $x_T = x(1)$ для разрешимости задачи (1)–(3) на отрезке $[0, 1]$, а также в случае наличия такой связи найти матрицу K .

Для того чтобы получить M в виде (17), найдем матрицы $Q(B)$ и $I - Q(B)$.

$$Im(B) = \begin{pmatrix} x_1 + 2x_2 \\ 2x_1 + 4x_2 \\ 3x_1 + 5x_3 \\ x_4 \end{pmatrix}.$$

Или, введя замены,

$$x_1 + 2x_2 = y_1, \quad 3x_1 + 5x_3 = y_3, \quad x_4 = y_4$$

$$\text{получим } Im(B) = \begin{pmatrix} y_1 \\ 2y_1 \\ y_3 \\ y_4 \end{pmatrix},$$

тогда

$$Coker B = \begin{pmatrix} 0 \\ y_2 - 2y_1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

$$\text{Следовательно, } Q(B) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ -2 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$\text{тогда } I - Q(B) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Используем произвольную матрицу

$$L = \begin{pmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} & l_{14} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} & l_{24} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} & l_{34} \\ l_{41} & l_{42} & l_{43} & l_{44} \end{pmatrix}.$$

Тогда, пользуясь (17), легко найти M :

$$M = \begin{pmatrix} -1 + l_{11} & 2 + l_{12} & l_{13} & l_{14} \\ 2 + 2l_{11} & 3 + 2l_{12} & 2l_{13} & 2l_{14} \\ 3 + l_{31} & 4 + l_{32} & l_{33} & l_{34} \\ l_{41} & l_{42} & l_{43} & 1 + l_{44} \end{pmatrix}.$$

Возьмем $l_{11} = -1$, $l_{12} = -2$, $l_{13} = 0$, $l_{14} = 0$, $l_{31} = -3$, $l_{34} = l_{41} = l_{42} = l_{43} = 0$.

Получим

$$M = \begin{pmatrix} -2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & l_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 + l_{44} \end{pmatrix}.$$

Тогда из (19) получим

$$\left\{ \begin{array}{l} -2 = \ln \frac{x_{T1}}{x_{01}} \\ -1 = \ln \frac{x_{T2}}{x_{02}} \\ l_{33} = \ln \frac{x_{T3}}{x_{03}} \\ 1 + l_{44} = \ln \frac{x_{T4}}{x_{04}} \end{array} \right.,$$

что эквивалентно следующему требованию на связь между крайними условиями:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{T1} = \frac{x_{01}}{e^2} \\ x_{T2} = \frac{x_{02}}{e} \\ \frac{x_{T3}}{x_{03}} > 0 \\ \frac{x_{T4}}{x_{04}} > 0 \end{array} \right.$$

Матрица M будет иметь вид:

$$M = \begin{pmatrix} -2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ln \frac{x_{T3}}{x_{03}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \ln \frac{x_{T4}}{x_{04}} \end{pmatrix}.$$

Так как $Im(B) = \left\{ \begin{array}{l} x_1 + 2x_2 \\ 2x_1 + 4x_2 \\ 3x_1 + 5x_3 \\ x_4 \end{array} \right\}$ найдено

выше, а $Ker(B) = \left\{ \begin{array}{l} x_1 \\ -0.5x_1 \\ -0.6x_1 \\ 0 \end{array} \right\}$, то

$$Coim(B) = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ x_2 + 0.5x_1 \\ x_3 + 0.6x_1 \\ x_4 \end{array} \right\}.$$

Отсюда

$$B^- = \begin{pmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Тогда по формуле (18) найдем матрицу K . Здесь l_1, l_2, l_3, l_4 – произвольные числа:

$$K = \begin{pmatrix} l_1 & l_2 & l_3 & l_4 \\ -0.5 - 0.5l_1 & -1 - 0.5l_2 & -0.5l_3 & -0.5l_4 \\ -0.6 - 0.6l_1 & -0.8 - 0.6l_2 & 0.2 \ln \frac{x_{T3}}{x_{03}} - 0.6l_3 & -0.6l_4 \\ 0 & 0 & 0 & \ln \frac{x_{T4}}{x_{04}} - 1 \end{pmatrix}.$$

2-я структура

$$M = \begin{pmatrix} 0 & \dots & \alpha_1 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & \alpha_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & \alpha_n & \dots & 0 \end{pmatrix}.$$

Отсюда

$$e^{MT} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & \alpha_1 T & \dots & \vdots \\ 0 & 1 & \dots & \alpha_2 T & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \alpha_n T & \dots & \vdots \end{pmatrix}.$$

Тогда если $x_{Ti} \neq x_{0i}$ и $\frac{x_{Ti}}{x_{0i}} > 0 \quad i: \overline{1..n}$, то

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_1 T = \frac{x_{T1} - x_{01}}{x_{Tk} - x_{0k}} \ln \frac{x_{Tk}}{x_{0k}} \\ \alpha_2 T = \frac{x_{T2} - x_{02}}{x_{Tk} - x_{0k}} \ln \frac{x_{Tk}}{x_{0k}} \\ \dots \\ \alpha_k T = \ln \frac{x_{Tk}}{x_{0k}} \\ \alpha_n T = \frac{x_{Tn} - x_{0n}}{x_{Tk} - x_{0k}} \ln \frac{x_{Tk}}{x_{0k}} \end{array} \right.$$

Пример

$$\begin{pmatrix} \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 & 0 \\ 2 & 4 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \end{pmatrix} \quad (21)$$

Следует выяснить, какая должна быть связь между компонентами краевых значений $x_0 = x(0)$ и $x_T = x(1)$ для разрешимости задачи (1)–(3) на отрезке $[0,1]$, а также в случае наличия такой связи найти матрицу K .

Поскольку матрица B имеет такой же вид, пользуясь формулой (17) найдем матрицу M :

$$M = \begin{pmatrix} -1 + l_{11} & l_{12} & l_{13} & l_{14} \\ -2 + 2l_{11} & 2l_{12} & 2l_{13} & 2l_{14} \\ 3 + l_{31} & l_{32} & l_{33} & l_{34} \\ 5 + l_{41} & l_{42} & l_{43} & l_{44} \end{pmatrix}.$$

Далее пусть $l_{12} = l_{13} = l_{14} = l_{32} = l_{33} = l_{34} = l_{42} = l_{43} = l_{44} = 0$.

Тогда получим следующие уравнения:

$$\begin{cases} -1 + l_{11} = \ln \frac{x_{T1}}{x_{01}} \\ -2 + 2l_{11} = \frac{x_{T2} - x_{02}}{x_{T1} - x_{01}} \ln \frac{x_{T1}}{x_{01}} \\ 3 + l_{31} = \frac{x_{T3} - x_{03}}{x_{T1} - x_{01}} \ln \frac{x_{T1}}{x_{01}} \\ 5 + l_{41} = \frac{x_{T4} - x_{04}}{x_{T1} - x_{01}} \ln \frac{x_{T1}}{x_{01}} \end{cases}$$

Отсюда из первой и второй строчки получим следующую связь между компонентами краевых значений:

$$2 \ln \frac{x_{T1}}{x_{01}} = \frac{x_{T2} - x_{02}}{x_{T1} - x_{01}} \ln \frac{x_{T1}}{x_{01}},$$

что, поскольку случай $x_{T1} = x_{01}$, очевидно, не подходит, эквивалентно следующему утверждению:

$$\frac{x_{T2} - x_{02}}{x_{T1} - x_{01}} = 2. \quad (22)$$

В случае выполнения условия (22), а также условий $x_{Ti} \neq x_{0i}$ и $\frac{x_{Ti}}{x_{0i}} > 0 \quad i: \overline{1..n}$ получим:

$$M = \begin{pmatrix} \ln \frac{x_{T1}}{x_{01}} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{x_{T2} - x_{02}}{x_{T1} - x_{01}} \ln \frac{x_{T1}}{x_{01}} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{x_{T3} - x_{03}}{x_{T1} - x_{01}} \ln \frac{x_{T1}}{x_{01}} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{x_{T4} - x_{04}}{x_{T1} - x_{01}} \ln \frac{x_{T1}}{x_{01}} & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Отсюда из формулы (14), зная матрицы B^- и $P(B)$, найдем матрицу K . Здесь l_1, l_2, l_3, l_4 – произвольные числа.

$$K = \begin{pmatrix} 2 \ln \frac{x_{T1}}{x_{01}} - \frac{x_{T2} - x_{02}}{x_{T1} - x_{01}} \ln \frac{x_{T1}}{x_{01}} + l_1 & l_2 & l_3 & l_4 \\ 0.5 \ln \frac{x_{T1}}{x_{01}} + 0.5 - 0.5l_1 & -0.5l_2 & -0.5l_3 & -0.5l_4 \\ 0.2 \frac{x_{T3} - x_{03}}{x_{T1} - x_{01}} \ln \frac{x_{T1}}{x_{01}} - 0.6 - 0.6l_1 & -0.6l_2 & -0.6l_3 & -0.6l_4 \\ \frac{x_{T4} - x_{04}}{x_{T1} - x_{01}} \ln \frac{x_{T1}}{x_{01}} - 5 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

3-я структура

$$M = \begin{pmatrix} 0 & \dots & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \alpha_1 & \alpha_2 & \dots & \alpha_k & \dots & \alpha_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & \dots & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Отсюда

$$e^{MT} = \begin{pmatrix} 0 & \dots & 0 & \dots & 0 & 0 \\ e^{\alpha_k T} \alpha_1^T & e^{\alpha_k T} \alpha_2^T & \dots & e^{\alpha_k T} \alpha_k^T & \dots & e^{\alpha_k T} \alpha_n^T \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & \dots & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Тогда в случае если $x_{Ti} = 0, i = \overline{1..n}, i \neq k$, получим следующую связь между компонентами краевых значений:

$$\begin{cases} x_{Ti} = 0 \quad i = \overline{1..n}, i \neq k \\ e^{\alpha_k T} T \sum_{l=1}^n \alpha_l x_{0l} = x_{Ti} \end{cases} \quad (23)$$

Пример

Рассмотрим предыдущий пример.

В матрице M будем использовать следующие значения переменных $l_{11} = 1, l_{12} = l_{13} = l_{14} = l_{42} = l_{43} = l_{44} = 0, l_{41} = -5$.

Тогда получим

$$M = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 + l_{31} & l_{32} & l_{33} & l_{34} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Из этого получим:

$$\begin{cases} x_{Ti} = 0 \quad i: \overline{1..n}, i \neq 3 \\ e^{l_{33}} ((3+l_{31})x_{01} + l_{32}x_{02} + l_{33}x_{03} + l_{34}x_{04}) = x_{T3} \end{cases}.$$

Существуют следующие варианты развития событий.

1) $x_{03} = 0$, тогда получим:

$$((3+l_{31})x_{01} + l_{32}x_{02} + l_{34}x_{04}) = \frac{x_{T3}}{e^{l_{33}}}.$$

Тогда если $x_{01} = x_{02} = x_{04} = 0$, то задача решима только в случае, если $x_{T3} = 0$. В качестве $l_{31}, l_{32}, l_{33}, l_{34}$ можно тогда взять любые числа.

Если же, например, $x_{02} \neq 0$, то можно взять

$$l_{31} = -3, l_{34} = 0, l_{33} = 0, l_{32} = \frac{x_{T3}}{x_{02}}. \quad (24)$$

Существуют и другие варианты решения, помимо (24), так как здесь требуется только выполнение условия (23).

2) $x_{03} \neq 0$.

$$2a) x_{01} = x_{02} = x_{04} = 0. \quad (25)$$

$$2b) e^{l_{33}} l_{33} = \frac{x_{T3}}{x_{03}}.$$

Поскольку минимальное значение функции $f(x) = e^x x$ равно $-\frac{1}{e}$, то в случае если выполняется

$$\frac{x_{T3}}{x_{03}} \geq -\frac{1}{e},$$

существует такое значение l_{33} , для которого выполняется (25). В качестве l_{31}, l_{32}, l_{34} можно взять любые значения.

Пусть без ограничения общности $x_{02} \neq 0$. Тогда задача решается аналогично (24).

После нахождения $l_{31}, l_{32}, l_{33}, l_{34}$ соответствующим способом найдем матрицу K . Здесь l_1, l_2, l_3 — произвольные числа:

$$K = \begin{pmatrix} l_1 & l_2 & l_3 & l_4 \\ 0.5 - 0.5l_1 & -0.5l_2 & -0.5l_3 & -0.5l_4 \\ 0.2l_{31} - 0.6l_1 & 0.2l_{32} - 0.6l_2 & 0.2l_{33} - 0.6l_3 & 0.2l_{34} - 0.6l_4 \\ -5 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

4-я структура

Рассмотрим те матрицы, в которых первые k элементов первой строки нулевые. А все элементы, которые могут быть ненулевыми,

расположены по диагонали, начиная с $k+1$ -го элемента первой строки.

$$M = \begin{pmatrix} 0 & \dots & \alpha_1 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \dots & 0 & \alpha_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & \alpha_{n-k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & \dots & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Экспериментальным путем можно получить

$$M^2 = \begin{pmatrix} 0 & \dots & \alpha_1 \alpha_{k+1} & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \dots & 0 & \alpha_2 \alpha_{k+2} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & \alpha_{n-2k} \alpha_{n-k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & \dots & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Здесь $2k$ первых элементов первой строки нулевые.

А в общем виде

$$M^s = \begin{pmatrix} 0 & \dots & \prod_{i=0}^{s-1} \alpha_{1+ik} & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \dots & 0 & \prod_{i=0}^{s-1} \alpha_{2+ik} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & \prod_{i=0}^{s-1} \alpha_{n-sk+ik} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & \dots & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

для $s \leq \frac{n-1}{k}$. Здесь sk первых элементов первой строки нулевые.

$$\text{А для } s > \frac{n-1}{k} \quad M^s = 0.$$

Тогда получим

$$e^M = \begin{pmatrix} 1 & \dots & \alpha_1 & \dots & \frac{\prod_{i=0}^{s-1} \alpha_{1+ik}}{s!} & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & \alpha_2 & \dots & \frac{\prod_{i=0}^{s-1} \alpha_{2+ik}}{s!} & \dots & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & \frac{\prod_{i=0}^{s-1} \alpha_{n-sk+ik}}{s!} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & \alpha_k \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & \dots & \dots & 1 \end{pmatrix}.$$

Как видно, при наличии у матрицы подобной структуры проверка нужной связи между компонентами краевых значений представляет из себя трудности, и придется в этом случае пользоваться технологиями из [6]. Однако нахождение матрицы численными методами в данном случае упрощается.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Хлебников М.В., Щербakov П.С. Ограниченное линейное управление оптимальное по квадратичному критерию специального вида // Труды ИСА РАН. 2013. Т.63. №2. С. 86-89.
- 2 Хлебников М.В. Управление линейными системами при внешних возмущениях: комбинированная обратная связь // Автоматика и Телемеханика. 2016. №7. С.20-32.
- 3 Blanchini F., Miani S., Set-Theoretic Methods in Control. Boston: Birkhäuser, 2008.
- 4 Lin F., Fardad M., Jovanović M. Sparse feedback synthesis via the alternating direction method of multipliers // Proc. Amer. Control Conf. 2012. P. 4765–4770.
- 5 Kreventsov E. G. The concentration spectrum of the poles in a given region at the compensating approach to the synthesis of the feedback matrix // Applied Mathematical Sciences. 2014. V. 8. № 25. P. 1201 – 1211.
- 6 Литвинов Д.А. О построении обратной связи в задачах управления линейными динамическими системами. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №5. С. 164-170.
- 7 Литвинов Д.А. Построение линейной обратной связи для задач управления. // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2017. Т.5. №7-2. С.58-60.
- 8 Зубова С.П. О критериях полной управляемости дескрипторной системы. Полиномиальное решение задачи управления при наличии контрольных точек. // Автоматика и Телемеханика. 2011. №1. С. 27-41.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Дмитрий А. Литвинов ассистент, кафедра высшей математики и информационных технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, d77013378@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Дмитрий А. Литвинов полностью подготовил рукопись и несет ответственность за плагиат.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 05.05.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 04.07.2018

Вывод

В рамках данной статьи был продемонстрирован способ поиска матрицы обратной связи для особых случаев, а именно, когда поиск связи между компонентами краевых значений и нахождение матрицы обратной связи не представляет особых сложностей.

REFERENCES

- 1 Khlebnikov M.V., Shcherbakov P.S. Bounded linear control optimal by a quadratic criterion of a special type. *Trudy IPU RAN* [Proceedings of the ISP RAS] 2013. vol. 63. no 2. pp. 86-89 (in Russian)
- 2 Khlebnikov M.V. Control of linear systems subjected to exogenous disturbances: combined feedback. *Avtomatika i Telemekhanika* [Automation and Remote Control] 2016, vol. 77, no. 7, pp. 1141-1151. (in Russian)
- 3 Blanchini F., Miani S., Set-Theoretic Methods in Control. Boston, Birkhäuser, 2008.
- 4 Lin F., Fardad M., Jovanović M. Sparse feedback synthesis via the alternating direction method of multipliers. *Proc. Amer. Control Conf.* 2012, pp. 4765–4770.
- 5 Kreventsov E. G. The concentration spectrum of the poles in a given region at the compensating approach to the synthesis of the feedback matrix. *Applied Mathematical Sciences.* 2014, vol. 8, no. 25, pp. 1201 - 1211
- 6 Litvinov D.A. On the construction of feedback in the problems of control of linear dynamical systems. *Vestnik BGTU imeni Shukhova* [Bulletin of the Belgorod state technological university of V.G. Shukhov] 2017. no. 5 pp. 164-170. (in Russian)
- 7 Litvinov D.A. Construction of linear feedback for control tasks. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* .[Actual directions of scientific researches of the XXI century: theory and practice] 2017, vol. 5, no. 7-2, pp. 58-60. (in Russian)
- 8 Zubova S.P. On full controllability criteria of a descriptor system. The polynomial solution of a control problem with checkpoints. *Avtomatika i Telemekhanika* [Automation and Remote Control]. 2011, vol. 72, no. 1, pp. 23-37. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Dmitriy A. Litvinov Assistant Lecturer, Department of Higher Mathematics and Information Technology, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, d77013378@yandex.ru

CONTRIBUTION

Dmitriy A. Litvinov fully prepared the manuscript and is responsible for the plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The author declares no conflict of interest.

RECEIVED 5.5.2018

ACCEPTED 7.4.2018

Разработка имитационных моделей для исследования систем с вероятностными взаимодействиями элементов

Александр Е. Емельянов¹ emalexeg@yandex.ru
Виталий К. Битюков¹ president@vsuet.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Одним из актуальных направлений теоретических и экспериментальных исследований является анализ, моделирование и синтез технических систем с вероятностными взаимодействиями элементов. Работа посвящена разработке имитационных моделей для исследования одного класса таких систем – сетевых систем управления. В качестве каналов передачи данных в таких системах используются промышленные или общедоступные цифровые компьютерные сети. Использование компьютерных сетей в системах управления приводит к новым проблемам: случайная временная задержка в процессе передачи, вероятная потеря пакета данных, возможность асинхронной работы элементов системы. Не учет этих факторов может привести к потере устойчивости системы управления. Для исследования указанных проблем предлагается использовать имитационные модели соответствующих систем управления. В работе разработаны имитационные модели для цифровой системы управления без запаздывания в канале передачи, сетевой системы управления с сетевым каналом связи между датчиком и контроллером. При этом рассмотрены случаи, когда время передачи по сетевому каналу не превышает времени такта квантования и когда время передачи по сетевому каналу может превысить время такта квантования. Для рассмотренных случаев разработаны соответствующие имитационные модели. При моделировании сетевой системы управления, в которой время передачи пакета данных по сетевому каналу могло превысить время такта квантования, предполагалось, что у датчика и контроллера имеется бесконечно большой буфер. Для простоты моделирования было сделано предположение, что, если пакет данных от цифрового датчика не будет передан за один такт квантования на контроллер, то он помещается в буфер датчика. При возможной передаче данных по каналу все пакеты из буфера датчика передаются в буфер контроллера. Предполагалось, что контроллер обрабатывает поступающие данные из буфера последовательно – один пакет в каждый такт квантования. Для моделирования таких ситуаций было предложено использовать соответствующие разработанные случайные процессы. Моделирование функционирования цифровой и сетевых систем управления было проведено в среде Simulink системы Matlab.

Ключевые слова: система, управление, вероятность, взаимодействие, канал, сеть

Development of simulation models for the study of systems with probabilistic interactions of elements

Aleksandr E. Emelyanov¹ emalexeg@yandex.ru
Vitaliy K. Bityukov¹ president@vsuet.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. One of the topical areas of theoretical and experimental research is the analysis, modeling and synthesis of technical systems with probabilistic interactions of elements. The work is devoted to the development of simulation models for the study of one class of such systems – network management systems. As data transmission channels, such systems use industrial or public digital computer networks. The use of computer networks in control systems leads to new problems: random time delay in the transmission process, the likely loss of the data packet, the possibility of asynchronous operation of the elements of the system. Not taking these factors into account can lead to a loss of sustainability of the management system. To study these problems, it is proposed to use simulation models of appropriate control systems. In the work, simulation models for a digital control system without delay in the transmission channel, a network management system with a network communication channel between the sensor and the controller have been developed. In this case, cases are considered where the transmission time on the network channel does not exceed the quantization clock time and when the transmission time over the network channel may exceed the quantization clock time. For the cases considered, appropriate simulation models have been developed. When simulating a network management system in which the transmission time of a data packet over a network channel could exceed the time of a quantization clock, it was assumed that the sensor and the controller have an infinitely large buffer. For simplicity of modeling, it was assumed that if a data packet from a digital sensor is not transmitted in one clock cycle to the controller, it is placed in the sensor buffer. With the possible transfer of data over the channel, all packets from the sensor buffer are transferred to the controller buffer. It was assumed that the controller processes incoming data from the buffer sequentially – one packet per quantization cycle. To simulate such situations it was suggested to use the corresponding developed random processes. Simulation of the functioning of digital and network control systems was carried out in the Simulink environment of the Matlab system.

Keywords: system, management, probability, interaction, channel, network

Введение

В настоящее время в научных и экспериментальных исследованиях большое внимание уделяется анализу, моделированию и синтезу технических систем с вероятностными взаимодействиями элементов [1–5]. В частности, к таким системам можно отнести системы управления

с вероятностными каналами передачи информации. В качестве каналов передачи могут выступать цифровые сети (промышленные и общедоступные), по которым информация передается в виде пакетов данных [6–8]. В литературе такие каналы передачи получили название сетевых каналов, а системы – сетевые

Для цитирования

Емельянов А.Е., Битюков В.К. Разработка имитационных моделей для исследования систем с вероятностными взаимодействиями элементов // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 63–69. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-63-69

For citation

Emelyanov A.E., Bityukov V.K. Development of simulation models for the study of systems with probabilistic interactions of elements. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 63–69. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-63-69

системы управления (Networked Control System(NCS)) [9, 10]. Применение сетевых каналов в системах управления имеет ряд преимуществ: снижение затрат на монтажные работы, конфигурация системы, простота диагностики и обслуживания. Однако использование вероятностного (сетевого) канала передачи приводит к ряду новых проблем: случайная временная задержка в процессе передачи, вероятная потеря пакета данных, возможность асинхронной работы элементов системы. Неучет этих факторов может привести к потере устойчивости системы управления.

Традиционный подход к синтезу таких систем не позволяет решить эти проблемы. Это связано с тем, что анализ систем управления с вероятностными каналами передачи информации требует использования методов и подходов как теории управления, так и теории связи. Этот факт значительно усложняет анализ, моделирование и синтез таких систем управления [10].

В данной работе показана разработка имитационных моделей для исследования систем с вероятностными взаимодействиями элементов и бесконечно большим буфером данных.

Математическое моделирование

Моделирование сетевой системы управления проводится в предположении, что пакеты данных в системе не теряются. С этой целью используется бесконечно большой буфер для пакетов данных. Моделирование ведется в сравнении с цифровой системой управления без запаздывания.

Моделирование цифровой системы управления

На рисунке 1 представлена функциональная схема цифровой системы управления.

Данная система функционирует следующим образом. Цифровой датчик считывает значения выходного сигнала $y(t)$ объекта регулирования

в моменты времени $t = kT_0$, где T_0 – такт квантования цифровым датчиком выхода объекта регулирования. Полученные данные $y(kT_0)$ цифровым датчиком отправляются на контроллер. Контроллер вырабатывает регулирующее воздействие $u(kT_0)$ по определенному закону с учетом задающего воздействия $r(kT_0)$ и полученных данных от датчика $y(kT_0)$. Регулирующее воздействие $u(kT_0)$ передается на исполнительное устройство в моменты времени $t = kT_0$. Регулирующее воздействие исполнительным устройством реализуется на объекте регулирования $u(t)$. При этом считается, что передача сигналов и обработка данных осуществляется мгновенно. Так, если данные цифровым датчиком получены в момент времени $t = kT_0$, то они будут учтены при выработке регулирующего воздействия контроллером, которое будет передано на исполнительное устройство также в момент времени $t = kT_0$.

В дальнейшем дискретные переменные, такие, как $y(kT_0)$, $u(kT_0)$, $r(kT_0)$ и другие, для упрощения записи будем представлять в виде: y_k , u_k , r_k .

Для простоты будем считать, что характеристики цифрового датчика и исполнительного устройства не влияют на процесс регулирования системы. Поэтому примем, что цифровой датчик и исполнительное устройство соответствуют безынерционным элементам с единичным коэффициентом усиления.

В качестве объекта регулирования был выбран двигатель постоянного тока (сервопривод). В качестве контроллера – дискретный ПИД-регулятор.

Моделирование функционирования цифровой системы управления было проведено в среде Simulink системы Matlab.

На рисунке 2 представлена схема моделирования цифровой системы управления.

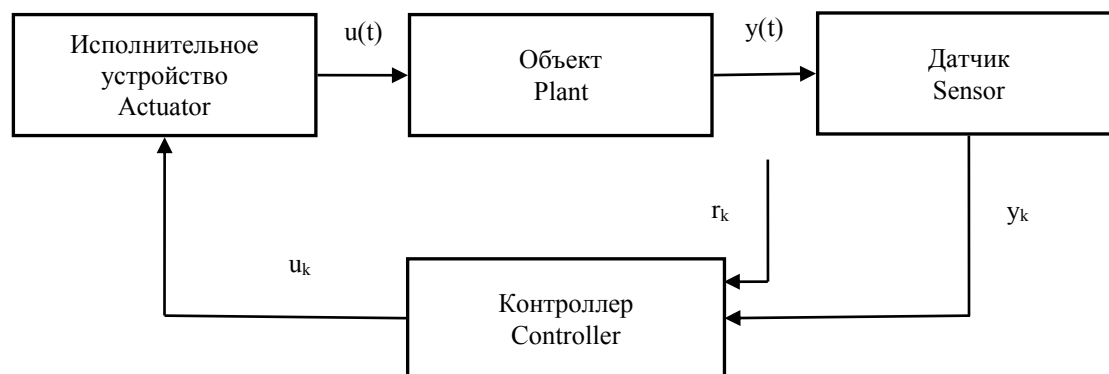


Рисунок 1. Цифровая система управления

Figure 1. DigitalControlSystem

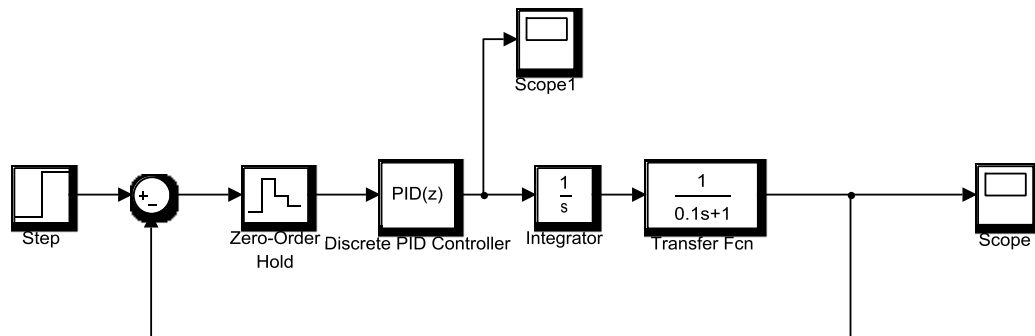


Рисунок 2. Схема моделирования цифровой системы управления

Figure 2. Digital Control System Simulation Diagram

Моделирование системы управления с малым временем запаздывания в сетевом канале

На рисунке 3 представлена функциональная схема системы управления с сетевым каналом

связи и малым временем передачи данных. Будем считать, что цифровой датчик и дискретный регулятор работают синхронно, а время запаздывания передачи данных по сетевому каналу $\tau_k \leq T_0$.

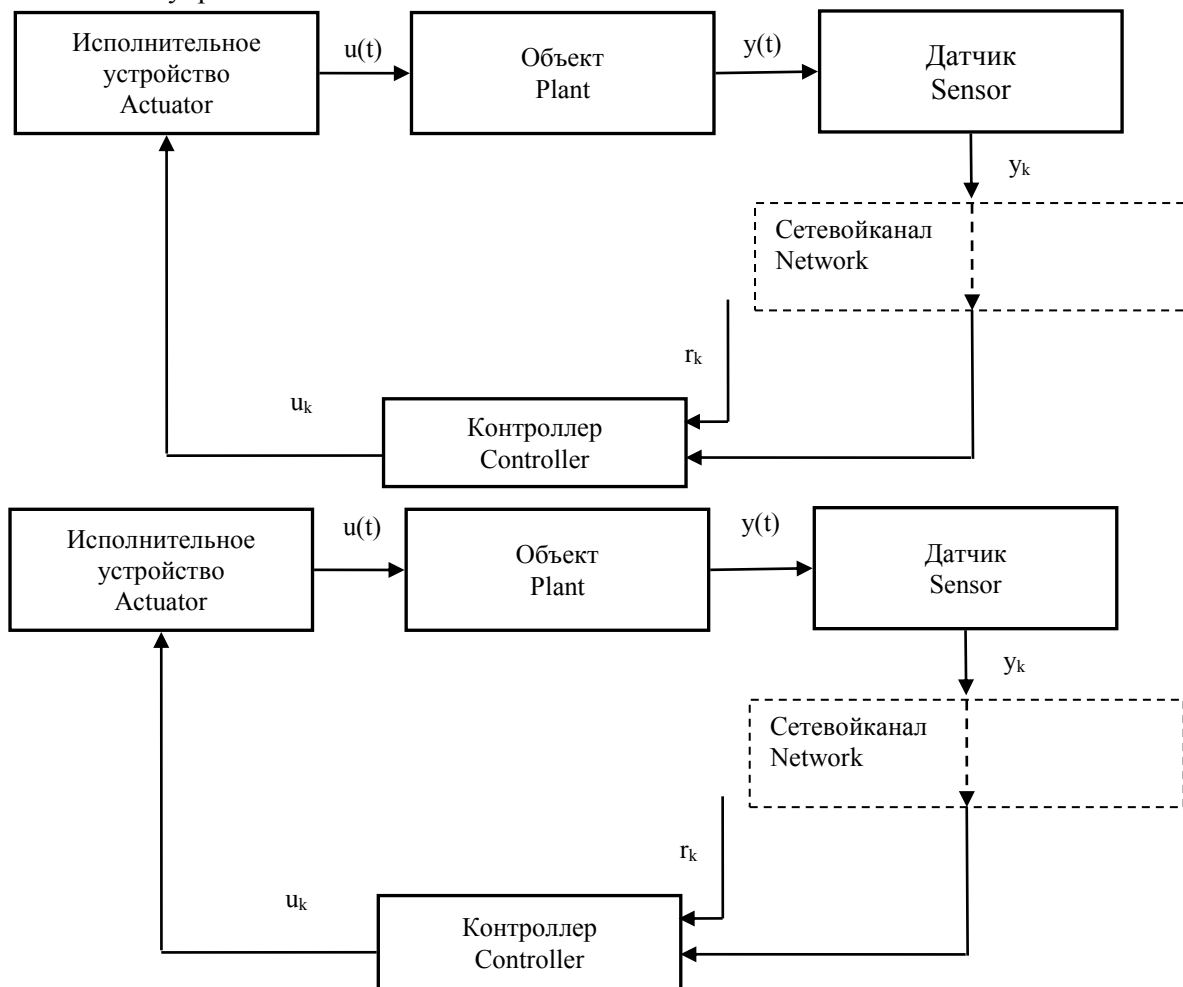


Рисунок 3. Система управления с сетевым каналом передачи

Figure 3. Control system with network transmission channel

В этом случае, когда бы ни пришли данные от цифрового датчика, они будут реализованы в регулирующем воздействии только на следующем такте квантования. Таким образом, данная система будет работать как рассмотренная выше цифровая система,

но только с запаздыванием на один такт квантования T_0 в линии обратной связи.

На рисунке 4 представлена схема моделирования системы управления с малым временем запаздывания в сетевом канале передачи данных от цифрового датчика к дискретному регулятору.

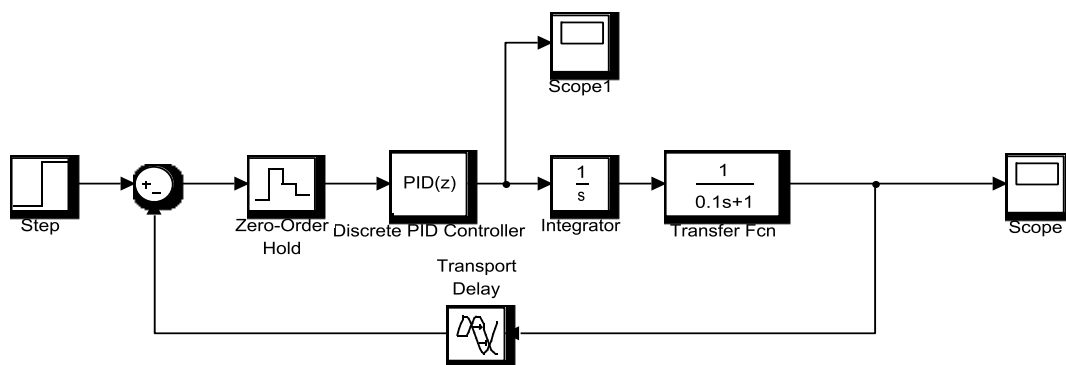


Рисунок 4. Схема моделирования системы управления с малым временем запаздывания в сетевом канале
Figure 4. A simulation scheme for a control system with a short time lag in a network channel

Моделирование системы управления с большим временем запаздывания в сетевом канале

На рисунке 5 представлена схема системы управления с сетевым каналом связи и буферами для пакетов данных.

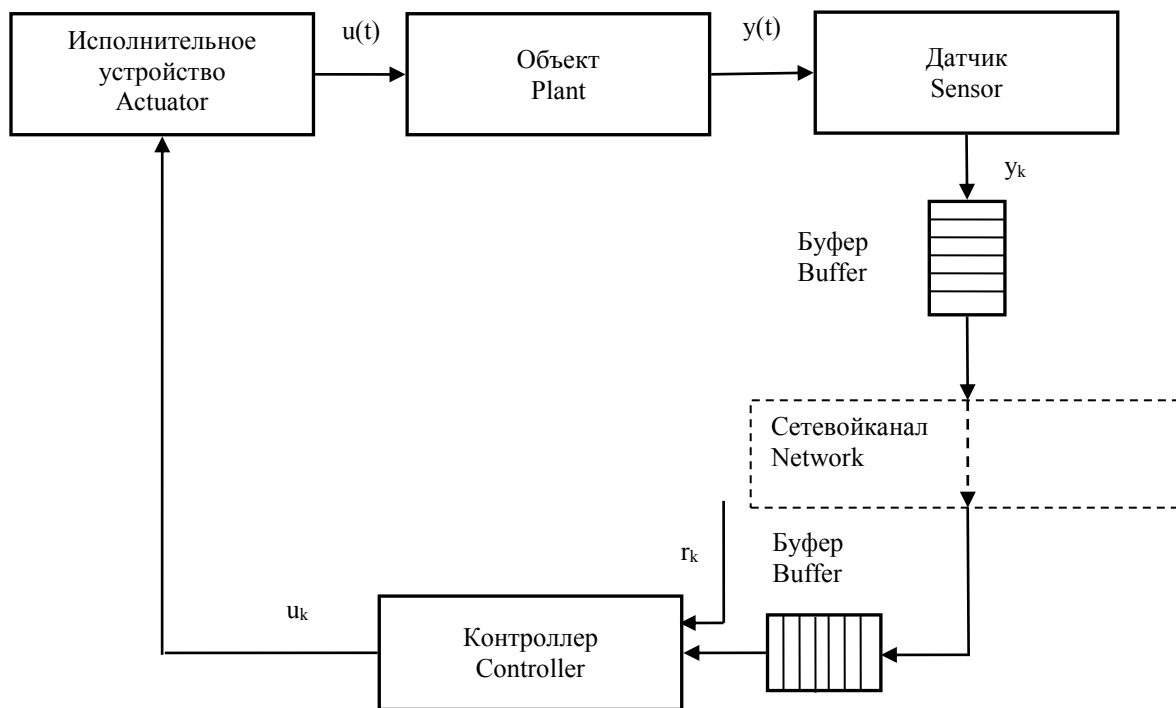


Рисунок 5. Система управления с сетевым каналом связи и буферами для пакетов данных
Figure 5. Control system with network communication channel and buffers for data packets

Данная система работает следующим образом. Цифровой датчик считывает выходной сигнал объекта регулирования в моменты времени $t = kT_0$. Если канал «открыт», то цифровой датчик сразу передает данные на дискретный регулятор. Если канал «закрыт», т. е. передача данных по нему невозможна, в течение такта квантования T_0 , то пакет данных помещается в буфер. Таким образом, если канал будет «закрыт» продолжительное время, в течение нескольких тактов квантования T_0 , то в буфере

датчика будет находиться соответствующее количество пакетов данных. Будем считать, что как только сетевой канал будет «открыт», т. е. передача данных по нему станет возможной, все пакеты данных из буфера датчика будут перемещены в буфер дискретного регулятора. Дискретный регулятор последовательно обрабатывает поступающие данные от датчика: в момент времени $t = kT_0$ обрабатывается только один пакет данных, который поступил первым, остальные находятся в очереди. Объем

буферов датчика и регулятора считается неограниченным. Предполагается, что датчик и регулятор работают синхронно: квантование датчика и регулятора осуществляется с одинаковым тактом квантования T_0 и в один и тот же момент времени $t = kT_0$.

Отметим следующие определения. Сетевой канал является «закрытым», если передача данных в течение такта квантования T_0 по нему невозможна. Сетевой канал является «открытым», если по нему возможна передача данных в течение такта квантования T_0 . Запаздыванием в сетевом канале передачи данных называется промежуток времени, в течение которого передача данных по нему невозможна. По сути, запаздывание в сетевом канале передачи данных, это время, в течение которого канал является «закрытым». Запаздыванием в системе управления называется промежуток времени с момента формирования пакета данных в цифровом датчике до момента его переработки в дискретном регуляторе. Понятно, что запаздывание в системе управления складывается из времени ожидания пакета данных в буферах цифрового датчика и дискретного регулятора до момента его обработки.

Информационным потоком системы управления с сетевыми каналами связи называется поток данных, поступающих непосредственно на переработку от одних элементов системы к другим. При этом поступившие данные могут некоторое время находиться в буфере, ожидая своей очереди переработки данным элементом системы. Разрывом информационного потока называется случай, когда дискретный регулятор не имеет данных от цифрового датчика, которые не были бы уже использованы, для выработки регулирующего воздействия. Временем разрыва информационного потока называется промежуток времени, в течение которого наблюдался разрыв информационного потока в системе управления. Система управления с сетевыми каналами связи является замкнутой, если в ней не наблюдается разрыва информационного потока, в противном случае, система является разомкнутой.

Таким образом, может возникнуть следующая ситуация: сетевой канал передачи данных «закрыт», но в свете введенного выше определения система управления будет считаться замкнутой, а информационный поток – непрерывным, если в буфере дискретного регулятора будут данные от цифрового датчика, которые еще не были обработаны.

В некоторый момент времени в системе может сложиться следующая ситуация:

- сетевой канал «закрыт»;
- буфер регулятора пуст;
- буфер датчика имеет пакеты данных от цифрового датчика.

Тогда на следующем такте квантования:

- новые данные от цифрового датчика будут помещены в буфер датчика;
- регулятор для выработки регулирующего воздействия будет использовать последние полученные данные от цифрового датчика, которые были уже использованы.

Рассмотренный выше случай функционирования системы управления с сетевым каналом связи приводит к разрыву информационного потока. В результате время запаздывания в системе увеличится на время разрыва информационного потока.

Когда сетевой канал «открывается», то пакеты данных из буфера цифрового датчика в течение такта квантования T_0 перемещаются в буфер дискретного регулятора.

Анализ функционирования такой системы показывает, что разрыв информационного потока наблюдается, когда текущее время запаздывания в сетевом канале передачи данных становится больше времени запаздывания в системе управления, которое наблюдалось до этого момента времени.

Это можно сформулировать иначе: разрыв информационного потока наблюдается в том случае, когда число последовательных тактов квантования T_0 , в течение которых сетевой канал находится в состоянии «закрыт», превышает максимальное число аналогичных тактов, наблюдавшихся до этого момента времени.

На рисунке 6 представлена схема моделирования рассматриваемой системы.

На этой схеме предусмотрены модули:

- формирования дискретного случайного процесса ξ_k «закрытия-открытия» сетевого канала:

$$\xi_k = \xi(kT_0) = \begin{cases} 1, & \text{канал закрыт – вероятность } p; \\ 0, & \text{канал открыт – вероятность } q = 1 - p. \end{cases}$$

С этой целью используется блок формирования случайного числа, имеющего равномерное распределение. Вероятность p задается путем установки соответствующего значения в управляемом переключателе Switch;

- формирования числового значения времени закрытия канала передачи в тактах квантования.

С этой целью формируется дискретный случайный процесс:

$$\varepsilon_{k+1} = (\varepsilon_k + 1) \cdot \xi_k;$$

где ε_k – число последовательных тактов квантования «закрытия» сетевого канала на момент времени $t = kT_0$.

Для реализации данного случайного процесса используется интегрирующий блок. Пока $\xi_k = 1$, выход интегратора возрастает, если $\xi_k = 0$, то выход интегратора обнуляется. Условие такого перехода задается в управляемом переключателе Switch.

• формирования максимального значения времени «закрытия» сетевого канала в тактах квантования за время работы системы управления;

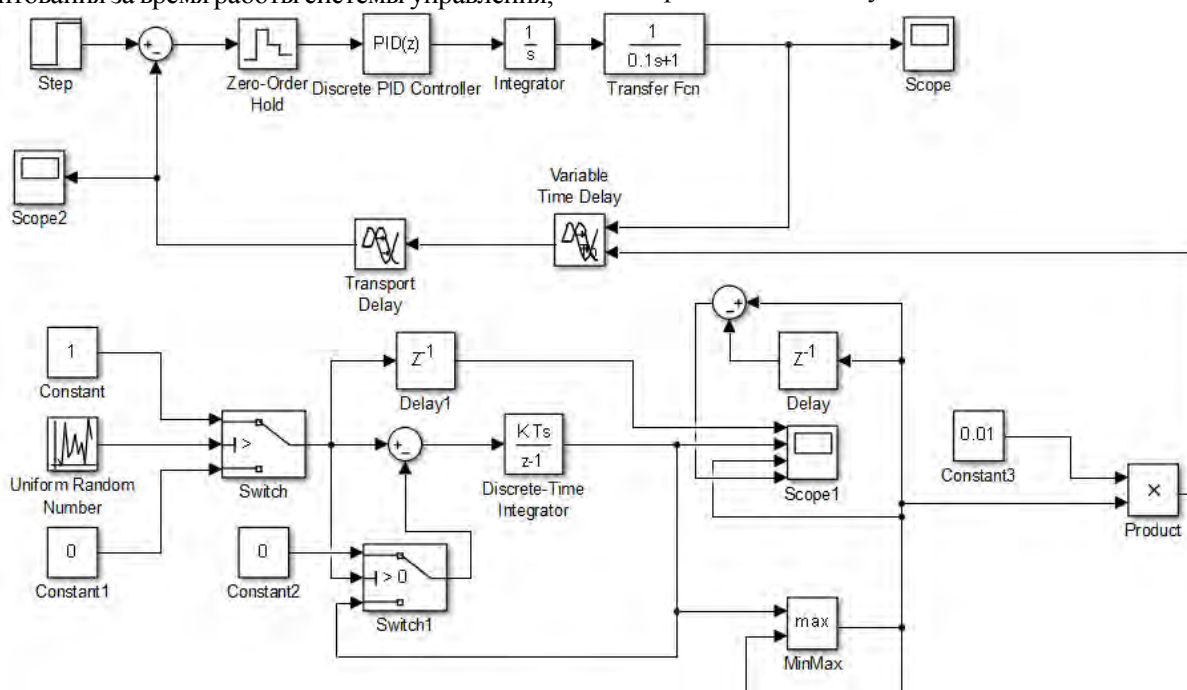


Рисунок 6. Схема моделирования системы управления с бесконечно большим буфером

Figure 6. A simulation scheme for a control system with an infinitely large buffer

• формирования времени разрыва информационного потока в тактах квантования.

С этой целью формируется дискретный случайный процесс:

$$z_k^p = \varepsilon_k^{\max} - \varepsilon_{k-1}^{\max}.$$

В момент, когда наступает разрыв информационного потока, $z_k^p = 1$ и это значение удерживается в течение всего времени разрыва.

Функционирование рассматриваемой системы управления моделируется следующим образом:

1. в цепи обратной связи имеются два элемента временной задержки: Transport Delay – предназначен для моделирования запаздывания на

С этой целью формируется дискретный случайный процесс:

$$\varepsilon_{k+1}^{\max} = \varepsilon_{k+1} \cdot 1 \left[\varepsilon_{k+1} - \varepsilon_k^{\max} \right] + \varepsilon_k^{\max} \left(1 - 1 \left[\varepsilon_{k+1} - \varepsilon_k^{\max} \right] \right);$$

где $\varepsilon_k^{\max}$ – максимальное значение времени «закрытия» сетевого канала в тактах квантования на момент времени $t = kT_0$; $1 \left[\varepsilon_{k+1} - \varepsilon_k^{\max} \right]$ – единичная функция (значение 1, если $\varepsilon_{k+1} \geq \varepsilon_k^{\max}$, в противном случае – 0).

Для реализации данного случайного процесса используется блок MinMax.

1 такт квантования T_0 , что связано с особенностями сетевой системы управления; Variable Time Delay – предназначен для моделирования временной задержки, определяемой количеством пакетов данных в буфере элементов системы;

2. если в системе не наблюдается разрыв информационного потока, то система работает с постоянным запаздыванием в цепи обратной связи;

3. если в системе наблюдается разрыв информационного потока, то значение запаздывания в блоке VariableTimeDelay увеличивается на время разрыва информационного потока;

4. в течение разрыва информационного потока система работает в разомкнутом состоянии; после окончания разрыва информационного потока система работает с новым значением запаздывания в цепи обратной связи.

Заключение

В работе показаны подходы к математическому и имитационному моделированию для исследования систем с вероятностными взаимодействиями элементов. На основании данных подходов разработаны имитационные

модели для сетевых систем управления с сетевым каналом связи между цифровым датчиком и дискретным регулятором. При этом рассмотрены варианты, когда время «закрытия» канала передачи, изменяясь случайным образом, как могло превысить промежуток такта времени квантования, так и нет.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Абрамов Г.В., Емельянов А.Е., Колбая К.Ч. Анализ времени передачи данных в распределенных сетях с конкурирующим доступом // Вестник ВГУ. 2016. № 4. С. 61–67.
- 2 Битюков В.К., Емельянов А.Е. Модель канала передачи со случайной задержкой и потерей пакетов данных для сетевых систем управления // Вестник ВГУИТ. 2015. № 3. С. 68–73.
- 3 Burger M., Zelazo D., Allgower F. Hierarchical clustering of dynamical networks using a saddle-point analysis/ IEEE Transactions on Automatic Control. 2013. V. 58. P. 113–124.
- 4 Chen X., Hao F. Periodic event-triggered state-feedback and output-feedback control for linear systems. Control, Automation and Systems. 2015. V. 13. № 4. P. 779–787.
- 5 Fuhrmann P.A., Helmke U. Reachability, observability and strict equivalence of networked linear systems. Mathematics of Control Signals and Systems. 2013. № 2. P. 299–306.
- 6 Gommans T., Antunes D., Donkers T., Tabuada P., Heemels W. Self-triggered linear quadratic control. Automatica. 2014. V. 50. № 4. P. 1279–1287.
- 7 Hua M.-D., Hamel T., Morin P., Samson C. Introduction to Feedback Control of Underactuated VTOL Vehicles: A Review of Basic Control Design Ideas and Principles. IEEE Control Systems. 2013. V. 33. № 1. P. 61–75.
- 8 You K.-Y., Xie L.-H. Survey of Recent Progress in Networked Control Systems. Acta Automatica Sinica. 2013. V. 39. № 2. P. 101–117.
- 9 Wu H. Cloud-Based Net – worked Visual Servo Control. IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2013. V. 60. P. 554–566.
- 10 Zhang L. Network-Induced Constraints in Networked Control Systems – A Survey. IEEE Transactions on Industrial Informatics. 2013. V. 9. P. 403–416.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Александр Е. Емельянов к.т.н., доцент, кафедра информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, emalexeg@yandex.ru

Виталий К. Битюков д.т.н., профессор, кафедра информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, president@vsuet.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Александр Е. Емельянов написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Виталий К. Битюков консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 27.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 31.08.2018

REFERENCES

- 1 Abramov G.V., Emelyanov A.E., Kolbaya K.Ch. Analysis of the transmission time of data in distributed networks with competing access. Vestnik VGU. [Proceedings of VSU] 2016, no 4, pp. 61–67. (in Russian)
- 2 Bitukov V.K., Emelyanov A.E. The model of a transmission channel with random delay and loss of data packets for network control systems. Vestnik VGUIT. [Proceedings of VSUET] 2015, no. 3. pp. 68–73. (in Russian)
- 3 Burger M., Zelazo D., Allgower F. Hierarchical clustering of dynamical networks using a saddle-point analysis. IEEE Transactions on Automatic Control. 2013, vol. 58, pp. 113–124.
- 4 Chen X., Hao F. Periodic event-triggered state-feedback and output-feedback control for linear systems. Control, Automation and Systems. 2015, vol. 13, no. 4, pp. 779–787.
- 5 Fuhrmann P.A., Helmke U. Reachability, observability and strict equivalence of networked linear systems. Mathematics of Control Signals and Systems. 2013, no 2, pp. 299–306.
- 6 Gommans T., Antunes D., Donkers T., Tabuada P., Heemels W. Self-triggered linear quadratic control. Automatica. 2014, vol. 50, no. 4, pp. 1279–1287.
- 7 Hua M. – D., Hamel T., Morin P., Samson C. Introduction to Feedback Control of Underactuated VTOL Vehicles: A Review of Basic Control Design Ideas and Principles. IEEE Control Systems. 2013, vol. 33, no. 1, pp. 61–75.
- 8 You K. – Y., Xie L. – H. Survey of Recent Progress in Networked Control Systems. Acta Automatica Sinica. 2013, vol. 39, no. 2, pp. 101–117.
- 9 Wu H. Cloud-Based Net – worked Visual Servo Control. IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2013, vol. 60, pp. 554–566.
- 10 Zhang L. Network-Induced Constraints in Networked Control Systems – A Survey. IEEE Transactions on Industrial Informatics. 2013, vol. 9, pp. 403–416.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Aleksandr E. Emelyanov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, information and control systems department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, emalexeg@yandex.ru

Vitaliy K. Bitukov Dr. Sci. (Engin.), professor, information and control systems department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, president@vsuet.ru

CONTRIBUTION

Aleksandr E. Emelyanov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Vitaliy K. Bitukov consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.27.2018

ACCEPTED 8.31.2018

Анализ передачи данных по каналу множественного доступа в процессе промышленного ацетоксилирования

Владимир В. Денисенко¹ v.denisenko1@yandex.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. В статье рассматривается моделирование процесса передачи данных с датчиков при промышленном производстве винилацетата. Пакеты данных передаются от датчиков в систему управления и управляющее воздействие идет на регуляторы температуры парогазовой смеси, давление паров хладагента, расход кислорода и расход возвратной уксусной кислоты по промышленным протоколам на основе Ethernet по каналу с множественным доступом с контролем несущей и обнаружением коллизий CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection). Основным узким местом системы является ограниченный буфер передачи датчика, что может вызвать потерю данных при его переполнении, а вследствие неправильное регулирующее воздействие. Математическое моделирование процесса передачи проводили по схеме Марковского процесса с непрерывным временем и дискретными состояниями. Модель буфера передачи датчика построили на основе графа состояний, каждое состояние отображается двумя элементами $[i, j]$: i – число пакетов в очереди, ожидающие отправки; j – число отправленных пакетов, ожидающих подтверждения. По графу была построена система уравнений Колмогорова. Решение проводили численно, с помощью математического пакета Maple (метод Рунге-Кутты-Фельберга 4-5-ого порядка). На основе данных полученных после моделирования, можно сделать вывод о среднем времени передачи пакета, количестве потерянных пакетов при различной пропускной способности и загрузке канала передачи. Адекватность модели была подтверждена с помощью экспериментальных данных, она проверена по критерию Фишера, и гипотеза на уровне значимости генеральных дисперсий принята. Модель позволяет рассчитывать статические и динамические характеристики очереди на сетевом устройстве (они важны для расчета функционирования сети в режиме реального времени) систем мониторинга и управления производством винилацетата.

Ключевые слова: передача данных, канал множественного доступа, CSMA/CD, производство винилацетата.

Analysis of the queue buffer transmitting device through the channel multiple access with guaranteed delivery of packets

Vladimir V. Denisenko¹ v.denisenko1@yandex.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. The article deals with the modeling of the process of data transmission from sensors in the industrial production of vinyl acetate. The data packets are transferred from the sensors to the control system and the control effect is directed to the temperature regulators of the gas-vapor mixture, the vapor pressure of the refrigerant, oxygen consumption and return acetic acid consumption by industrial Ethernet protocols over a multiple access channel with carrier control and detection of CSMA / CD collisions (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection). The main bottleneck of the system is a limited sensor transmission buffer, which can cause data loss when it overflows, and due to improper regulatory impact. Mathematical modeling of the transmission process was carried out according to the scheme of the Markov process with continuous time and discrete states. The transmitter transmission buffer model was constructed on the basis of the state graph, each state is displayed by two elements $[i, j]$: i is the number of packets in the queue waiting to be sent; j - number of sent packets pending confirmation. A column of Kolmogorov equations was constructed. The solution was carried out numerically using the Maple mathematical package (Runge-Kutta-Felberg method 4-5th order). Based on the data obtained after modeling, we can conclude that the average packet transmission time, the number of lost packets with different bandwidth and channel load transfer. The adequacy of the model was confirmed with the help of experimental data, it was tested by the Fisher criterion, and the hypothesis at the level of significance of general variances was adopted. The model allows calculating the static and dynamic characteristics of the queue on a network device (they are important for calculating the functioning of the network in real time) systems for monitoring and controlling the production of vinyl acetate.

Keywords: data transmission, multiple access channel, CSMA/CD, production of vinyl acetate

Введение

Процесс промышленного ацетоксилирования используется в производстве этиленгликоля, которое проводится в два этапа. Сначала из этилена получают моноэтерты этиленгликоля и диэтерты этиленгликоля, после чего осуществляется гидролиз. Для катализа используют хлориды Pd, Li и нитраты Fe, Ni. Этот метод синтеза имеет существенные недостатки, а именно: сильная коррозия аппаратуры, необходимость обновления катализаторов. Но классический способ получения этиленгликоля из этиленоксида считается недостаточно селективным, поэтому в конце двадцатого века американские производители выпустили установку для синтеза этиленгликоля методом ацетоксилирования этилена [1].

Для цитирования

Денисенко В.В. Анализ передачи данных по каналу множественного доступа в процессе промышленного ацетоксилирования // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 70–73. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-70-73

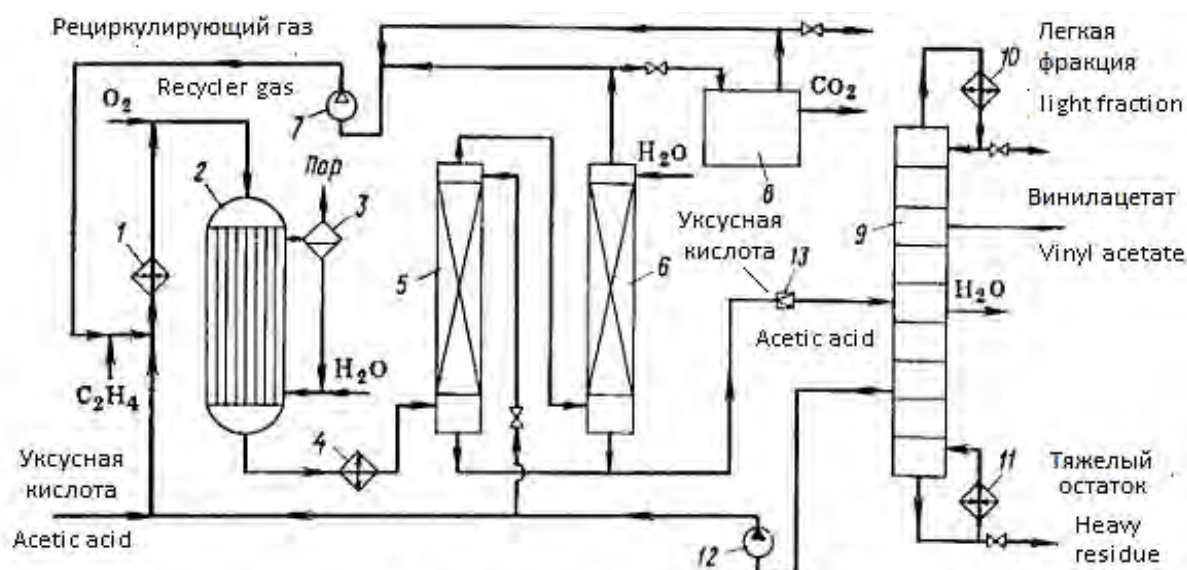
На рисунке 1 представлена схема ацетоксилирования этилена. В данной системе за процессом следят десятки датчиков температуры, давления и концентрации различных веществ, от быстроты реакции на возмущение системы, зависит процесс производства, на котором необходимо обеспечивать высокую надежность доставки информации [2, 3]. В системе мониторинга и управления реализован режим реального времени на базе технологии Ethernet. Одним из слабых мест данной системы являются датчики, из-за малого размера в них ограничен размер буферной памяти, он меньше, чем у других сетевых устройств. Проблемы с доставкой информации с датчиков могут возникнуть из-за метода доступа устройств к сети – множественного

For citation

Denisenko V.V. Analysis of the queue buffer transmitting device through the channel multiple access with guaranteed delivery of packets. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 70–73. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-70-73

доступа с контролем несущей и обнаружением коллизий. Исследование данного процесса передачи информации с датчиков при использовании промышленных протоколов с установлением соединения, так как из-за ожидания

подтверждения доставки время нахождения информации в буфере датчика существенно увеличивается и из-за его ограниченности, вероятность переполнения увеличивается.



1- паровой нагреватель; 2-реактор; 3- паросборник; 4- холодильник; 5,6- скрубберы; 7- циркулярный компрессор; 8- блок карбонной очистки; 9- система ректификационных колонн; 10- дефлегматор; 11- кипятильник; 12- насос; 13- дроссельный вентиль.

1- steam heater; 2-reactor; 3- steam collecting box; 4-refrigerator; 5,6-scrubbers; 7-circular compressor; 8- block of carbonate cleaning; 9- the system of refurbishment columns; 10 is a reflux condenser; 11 - a heater; 12 - the pump; 13 - throttle valve.

Рисунок 1. Технологическая схема синтеза винилацетата из этилена

Figure1. Technological scheme of synthesis of ethylene vinyl acetate

Наиболее важным показателем функционирования такой системы является длина очереди. При длине очереди меньше размера буферной памяти устройства пакеты гарантированно будут передаваться без потерь, при превышении – будут потери информации. Математическая модель позволит анализировать режимы функционирования системы, и рассчитывать режимы, обеспечивающие обмен без потери информации.

Основной задачей, является – разработка математической модели передачи информации по каналу множественного доступа (КМД) с использованием промышленных протоколов с гарантированной доставкой, основным показателем при этом использовать состояние буфера передачи датчика на производстве.

Результаты и обсуждение

Моделирование проводится на основе анализа особенностей функционирования системы передачи информации по КМД при использовании протоколов с установлением соединения и построения графа состояний

сетевого устройства с ограниченным буфером. Решение уравнений Колмогорова для данного графа состояний позволяют получить основные характеристики передачи данных, включая размер очереди в буферной памяти.

Процесс передачи информации в упрощенном варианте можно описать следующим алгоритмом: датчик формирует пакет и передает его в буфер, где он обрабатывается и направляется по КМД в принимающее устройство, в котором после получения пакета генерируется квитанция о получении, и отправляется по тому же пути в передающее устройство. При ее получении пакет удаляется из буфера. Но при достаточно загруженном КМД может возникнуть ситуация переполнения буфера передачи, при достаточно долгом ожидании квитанции о получении пакетов.

Математическое моделирование процесса передачи можно провести по схеме Марковского процесса с непрерывным временем и дискретными состояниями, граф состояний представлен на рисунке 2 [4].

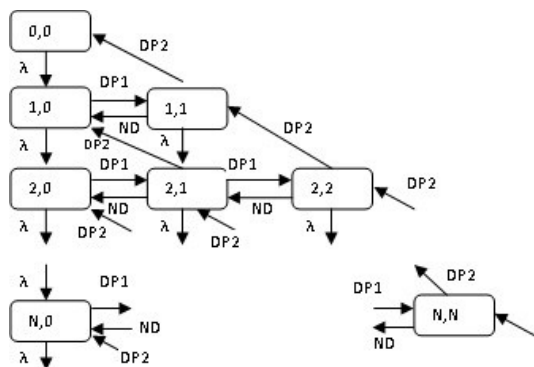


Рисунок 2. Граф состояний буфера передачи сетевого устройства

Figure 2. State graph of the transmit buffer of the network device

Каждое состояние отображается двумя элементами $[i, j]$: i – количество пакетов в очереди, ожидающие отправки; j – количество отправленных пакетов ожидающих подтверждения, т. е. состояние $[0,0]$ – нет пакетов в буфере; состояние $[1,0]$ – пакет поступил в буфер, но еще не отправлен; $[1,1]$ – один пакет в буфере и он отправлен и т. д.

На основе графа получены уравнения Колмогорова для размера буфера n :

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} P_{0,0}(t) = DP2 \cdot P_{1,1}(t) - \lambda \cdot P_{0,0}(t) \\ \frac{d}{dt} P_{i,0}(t) = \lambda \cdot P_{i-1,0}(t) - a_1 \cdot \lambda \cdot P_{i,0}(t) - DP1 \cdot P_{i,0}(t) + ND \cdot P_{i,1}(t) + a_1 \cdot DP2 \cdot P_{i+1,1}(t), i = 1..n \\ \frac{d}{dt} P_{i,j}(t) = DP1 \cdot P_{i,j-1}(t) + a_2 \cdot ND \cdot P_{i,j+1}(t) + a_1 \cdot DP2 \cdot P_{i+1,j+1}(t) - (DP2 + a_2 \cdot DP1 + ND + a_3 \cdot \lambda) \cdot P_{i,j}(t) + a_4 \cdot \lambda \cdot P_{i-1,j}(t), i = 1..n; j = 1..i \end{cases} \quad (1)$$

При следующих начальных условиях:

$$\begin{aligned} P_{0,0}(t) &= 1; \\ P_{i,j}(t) &= 0, i, j = 1..n. \end{aligned} \quad (2)$$

где $P_{i,j}(t)$ – вероятности нахождения в каждом из состояний, λ – интенсивность поступления пакетов в систему, $DP1$ – интенсивность отправки пакета, $DP2$ – интенсивность доставки пакета, ND – интенсивность не доставки, a_i – коэффициенты модели, характеризующие возможность перехода из i -го состояния и принимающие значение 0 или 1.

Решение проводилось численно. Проверка адекватности модели проводилась на основе эксперимента, в котором специально созданным программным обеспечением проводился замер размера буфера передачи. Полученные данные по эксперименту при отправке пакетов размером 64 килобайта и интенсивностью 200

пакетов в секунду со средней загрузкой сети 95% от пропускной способности были обработаны и просуммированы по состоянию буфера передачи (рисунок 3). Временные задержки на коммутаторах определялись экспериментально. Адекватность была проверена по критерию Фишера, и гипотеза на уровне значимости генеральных дисперсий принята.

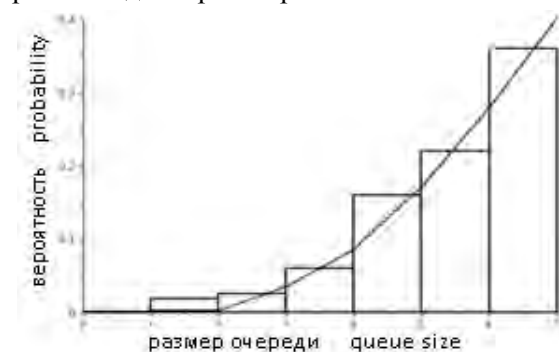


Рисунок 3. Сравнение эксперимента и модели по длине очереди в буфере передачи

Figure 3. Comparison of experiment and model by queue length in the transmission buffer

Данная математическая модель позволяет провести анализ загруженности буферной памяти полевого устройства. Так вероятность очереди равной i можно рассчитать по формуле:

$$P_i(t) = \sum_{l=0}^i P_{i,l}(t) \quad (3)$$

Представленные на рисунке 4 зависимости вероятностей иллюстрируют динамику изменения вероятности нахождения в буферной памяти различного количества пакетов (при максимальной длине очереди 7).

Одной из важных характеристик систем мониторинга и управления – это время переходных процессов при изменении трафика в сети (рисунок 5).

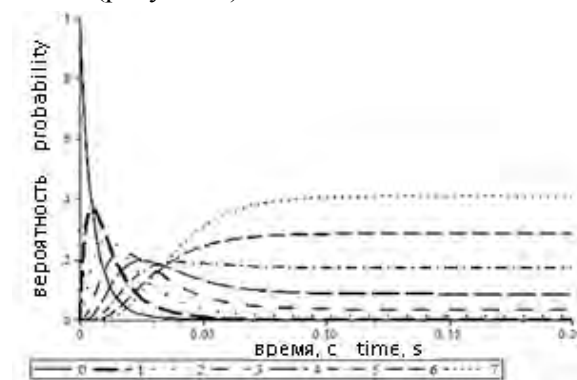


Рисунок 4. Распределение вероятностей состояний от времени

Figure 4. Distribution of probabilities of States from time

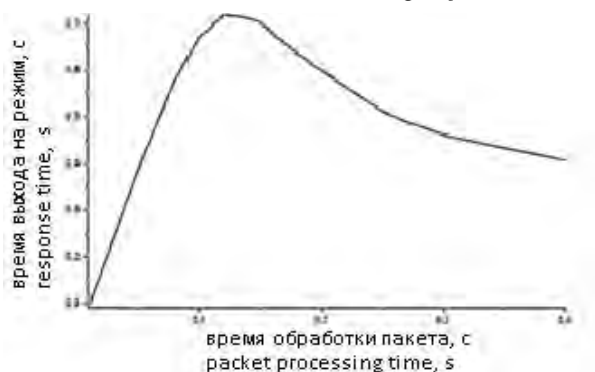


Рисунок 5. Зависимость времени выхода на стационарный режим от временных задержек при передаче пакета по сети

Figure 5. The dependence of the time to the stationary mode of the time delays in the transmission of the packet over the network

ЛИТЕРАТУРА

1 Бояджян В.К., Ерицян В.К., Татевосян А.В., Алавердян Г.Ш. и др. Производство винилацетата на основе этилена. М.: НИИТЭХИМ, 1987. 75 с.

2 Arapov D.V., Karmanova O.V., Tikhomirov S.G., Denisenko V.V. Software-algorithmic complex for the synthesis of catalyst of ethylene acetoxylation process // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 17, Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing. 2017. P. 587–594

3 Арапов Д.В. Математическая модель синтеза винилацетата на основе этилена для целей управления // Сборник материалов IV и V Международных научно-практических интернет – конференций «Моделирование энергоинформационных процессов». Воронеж: ВГУИТ, 2017. С. 226–229.

4 Arapov D.V., Tikhomirov S.G., Denisenko V.V. Mathematical software for the synthesis of domestic catalyst of ethyleneacetoxylation process / D.V. Arapov // Сборник трудов III международной конференции и молодежной школы «Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2017)». Самара: Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 2017. С. 1169–1172.

5 Pat. USA № US 2011/0071312, 24.03.2011 Integrated process for the production of vinyl acetate from acetic acid via ethylene / Johnston V.J., Chen L., Zink J.H. et al.

6 Tung S.T., Ellis M., Christofides P.D. Model Predictive Control of a Nonlinear Large-Scale Process Network Used in the Production of Vinyl Acetate // Ind. Eng. Chem. Res. 2013. № 52 (35). P. 12463–12481

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Владимир В. Денисенко ст. преподаватель, кафедра высшей математики и информационных технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, v.denisenko1@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Владимир В. Денисенко Полностью подготовил рукопись и несет ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 01.06.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 02.07.2018

Анализ полученных данных показывает, что при выбранных условиях время переходных процессов не превышает 0,8 секунды. Однако при этом следует учесть вероятность потери информации, так длина очереди достигает размера буфера.

Заключение

Представленная модель может быть полезна при проектировании различных химических производств с использованием датчиков на основе промышленных протоколов передачи данных. С ее помощью можно рассчитывать динамические и статические характеристики буфера передачи устройства, вычислить максимальное время обработки пакета, допустимую нагрузку на сеть, при которой не будет потерь пакетов.

REFERENCES

1 Boyadzhyan V.K., Yeritsyan V.K., Tatevosyan A.V., Alaverdyan G.Sh. et al. proizvodstvo vinilatsetata [Production of vinyl acetate based on ethylene] Moscow, NIITEKHIM, 1987. 75 p. (in Russian)

2 Arapov D.V., Karmanova O.V., Tikhomirov S.G., Denisenko V.V. Software-algorithmic complex for the synthesis of catalyst of ethylene acetoxylation process. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 17, Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing. 2017. pp. 587–594

3 Arapov D.V. Mathematical model for the synthesis of vinyl acetate based on ethylene for management purposes. Arapov. Modelirovanie energoinformatsionnykh protsessov [Collection of materials of IV and V International scientific and practical Internet conferences "Modeling of energy information processes"] Voronezh, VGUIT, 2017. pp. 226–229.

4 Arapov D.V., Tikhomirov S.G., Denisenko V.V. Mathematical software for the synthesis of domestic catalyst of ethyleneacetoxylation process. Collection of works of the III International Conference and Youth School "Information Technologies and Nanotechnologies (ITNT 2017)". Samara, 2017. pp. 1169–1172.

5 Johnston V.J., Chen L., Zink J.H. et al. 2011 Integrated process for the production of vinyl acetate from acetic acid via ethylene. Patent USA, no. US 2011/0071312, 2011.

6 Tung S.T., Ellis M., Christofides P.D. Model Predictive Control of a Nonlinear Large-Scale Process Network Used in the Production of Vinyl Acetate. Ind. Eng. Chem. Res. 2013. no. 52 (35). pp. 12463–12481

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Vladimir V. Denisenko senior lecturer, higher mathematics and information technology department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, v.denisenko1@yandex.ru

CONTRIBUTION

Vladimir V. Denisenko Completely prepared the manuscript and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The author declares no conflict of interest.

RECEIVED 6.1.2018

ACCEPTED 7.2.2018

Методика контроля протекания поверхностных процессов с участием адсорбированных металлических кластеров в люминесцирующих конденсированных средах

Андрей И. Кустов¹ aikustov@rambler.ru
Сергей А. Никель²

¹ Воронежский филиал Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова, ул. Карла Маркса, 67а, г. Воронеж, 394030, Россия

² Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Несмотря на огромное количество работ, посвященных изучению фотостимулированных процессов (ФСП) в кристаллах со смешанным типом связи, проблема разработки и совершенствования информационно-измерительных методов контроля физических параметров объектов размеров в несколько нанометров и выработки критериев оценки возможности применения таких методов на сегодня остается актуальной. С практической точки зрения актуальной является проблема разработки информационно-измерительных методов на базе кинетических моделей процессов, что позволяет предложить алгоритмы применения новых методов контроля процессов зарождения или модификации центров с участием ионов или атомов металла в кристаллах со смешанным типом связи, так как к ним относится широкий класс полупроводников. Описана проблема контроля параметров технологических процессов на ранних стадиях зарождения новой фазы на поверхности конденсированных сред. Проанализирована возможность применения метода фотостимулированной вспышки люминесценции (ФСВЛ) для люминесцирующих кристаллов с ионно-ковалентной связью. Приведены основные формулы позволяющие оценить изменение концентрации адсорбированных на поверхности кристаллов частиц металла. Рассмотрены зависимости параметров фотостимулированной вспышки люминесценции от концентрации обрабатываемых растворов, что приводит к образованию кластеров различной степени дисперсности. Приведена модель описания процесса образования кластеров из адсорбированных атомов металла. Оценка параметров центров локализации неравновесных носителей заряда показала, что в рамках предлагаемой модели становится возможно оценить размер неустойчивых адсорбированных металлических кластеров. Для образца CdS:Ag размер таких кластеров составил 5–7 атомов. Предлагается использовать корреляционно-регрессионную модель для описания параметров ФСВЛ в качестве инструмента оценки применимости метода фотостимулированной вспышки люминесценции для контроля поверхностных процессов на ионно-ковалентных кристаллах AgCl, ZnS, CdS. Наилучшее значение критерия применимости модели ФСВЛ были получены для кристалла AgCl ($R^2 \rightarrow 1$). Для кристаллов CdS предложенная методика контроля технологических процессов должна быть доработана по параметрам измерения ФСВЛ.

Ключевые слова: моделирование, нанотехнологии, поверхность, люминесценция, адсорбция, конденсированные среды, кластер, методы измерения

A technique for controlling the course of surface processes involving adsorbed metal clusters in luminescent condensed media

Andrey I. Kustov¹ aikustov@rambler.ru
Sergey A. Nikel²

¹ Voronezh Branch of the Russian Economic University. G.V. Plekhanova, Karl Marx str., 67A, Voronezh, 394030, Russia

² Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. Despite the huge amount of work devoted to the study of photostimulated processes (PSP) in crystals with a mixed type of communication, the problem of the development and improvement of information and measurement methods for monitoring the physical parameters of objects of several nanometers and the development of evaluation criteria for the use of such methods today remains relevant. From a practical point of view, relevant is the problem of developing information-measuring methods on the basis of kinetic models of the processes that allows us to offer algorithms for the application of new methods to control the processes of nucleation and modification of centers involving ions or metal atoms in crystals with a mixed type of communication, how it relates to a broad class of semiconductors. The problem of control of parameters of technological processes at early stages of new phase origin on the surface of condensed media is described. The possibility of applying the photostimulated luminescence flash (PSLF) method for luminescent crystals with ion-covalent bond is analyzed. The basic formulas allowing to estimate change of concentration of the metal particles adsorbed on a surface are resulted. The dependences of the photostimulated luminescence flash parameters on the concentration of processing solutions, which leads to the formation of clusters of varying degrees of dispersion, are considered. The model of description of process of formation of clusters from adsorbed atoms of metal is resulted. The estimation of the parameters of the centers of localization of non equilibrium charge carriers showed that within the framework of the proposed model it becomes possible to estimate the size of unstable adsorbed metal clusters. For the sample CDs: Ag, the size of such clusters was 5–7 atoms. It is proposed to use the correlation and regression model to describe the parameters of FSVL as a tool for assessing the applicability of the photostimulated luminescence flash method for monitoring surface processes on ion-covalent crystals of AgCl, ZnS, CDs. The best value of the criterion of applicability of the model FSVL was obtained for the crystal of AgCl ($R^2 \rightarrow 1$). For the crystals CDs the proposed method of control of technological processes must be developed according to the measurement parameters FSVL.

Keywords: modeling, nanotechnology, surface, luminescence, adsorption, condensed matter, cluster, measurement methods

Для цитирования

Кустов А.И., Никель С.А. Методика контроля протекания поверхностных процессов с участием адсорбированных металлических кластеров в люминесцирующих конденсированных средах // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 74–81. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-74-81

For citation

Kustov A.I., Nikel S.A. A technique for controlling the course of surface processes involving adsorbed metal clusters in luminescent condensed media. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 74–81. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-74-81

Введение

При формировании свойств новых материалов особая роль отводится разработке методов контроля технологического процесса.

В настоящее время все большее распространение получают технологии, которые оперируют с объектами, размер которых составляет от единиц до десятков нанометров. Поэтому актуальным является разработка и совершенствование методов неразрушающего контроля технологических процессов с участием таких объектов.

В работах [1, 6, 10] было показано, что при воздействии на ионно-ковалентные кристаллы различной степени дисперсности и их твердые растворы: химическая обработка растворами, облучение актиничным излучением или прямая бомбардировка поверхности атомами и ионами металлов на их поверхности образуются малоатомные неустойчивые кластеры металла. Изменение физических свойства материалов удавалось описать в рамках модели образования на поверхности кристаллов малоатомных металлических кластеров. Согласно данным работ [2, 5, 9] адсорбция атомов или малоатомных металлических кластеров на поверхности кристаллов приводит к образованию в запрещенной зоне глубоких электронных уровней, которые играют роль электронных ловушек. Малоатомные металлические кластеры, адсорбированные на поверхности кристаллов со смешанным типом связи, являются неустойчивыми, пока не объединяются в структуры, близкие по своим свойствам к свойствам металлических частиц [4, 7].

Описанный в работе [3] метод фотостимулированной вспышки люминесценции (ФСВЛ) позволяет определять концентрации заполненных глубоких электронных ловушек в кристаллофосфорах. При этом сам метод ФСВЛ при подборе интенсивностей коротковолнового и длинноволнового излучений не разрушает как сами конденсированные среды, так и адсорбированные на их поверхности малоатомные кластеры [2, 8].

Основная часть

Несмотря на огромное количество работ, посвященных изучению фотостимулированных процессов (ФСП) в кристаллах со смешанным типом связи, проблема разработки и совершенствования информационно-измерительных методов контроля физических параметров объектов размеров в несколько нанометров и выработки критериев оценки возможности их применения

на сегодня остается актуальной. Фотостимулированные процессы играют огромную роль в полупроводниковых системах, проявляют себя в эффектах деградации, при разработке новых материалов и разработке контрольно-измерительных методов неразрушающего контроля.

Поскольку объекты малых размеров не проявляют себя в спектрах поглощения, электропроводности и т. д., ввиду малости концентраций при зарождении новой фазы, то для их изучения требуются подходы, позволяющие принять сигнал от объектов, размеры которых всего несколько нанометров не разрушив их, так как малоатомные кластеры неустойчивы [4].

С практической точки зрения интерес представляет разработка информационно-измерительных методов на базе кинетических моделей процессов, которые позволяют предложить алгоритмы применения новых методов контроля процессов зарождения или модификации центров с участием ионов или атомов металла Me_n в кристаллах со смешанным типом связи, так как к ним относится широкий класс полупроводников.

Поскольку кинетические уравнения требуют знания коэффициентов, описывающих интенсивность элементарных процессов, то для определения параметров систем кинетических уравнений используется подход, основанный на измерении интегральных параметров – сигналов, которые возможно уверенно зафиксировать на современном уровне развития экспериментальной физики.

Сам метод ФСВЛ заключается в том, что если в запрещенной зоне конденсированной среды имеются глубокие ловушки неравновесных зарядов, то концентрация таких ловушек может быть зафиксирована путем сканирования резонансным излучением запрещенной зоны кристаллов, как правило, инфракрасным излучением. Захватывая квант света, электрон попадает в зону проводимости и проявляет себя в спектре люминесценции.

Зонная диаграмма кристаллофосфора, имеющего локальные уровни (электронные ловушки), изображена на рисунке 1, где N_i – концентрация ловушек электронов типа i ; n_i – концентрация ловушек типа i захвативших электрон; δ_i и ω_i – вероятности захвата электрона на ловушку и ионизации ловушки соответственно; N – концентрация центров свечения; n – концентрация ионизованных центров свечения; β – вероятность рекомбинации свободного электрона с центром свечения.

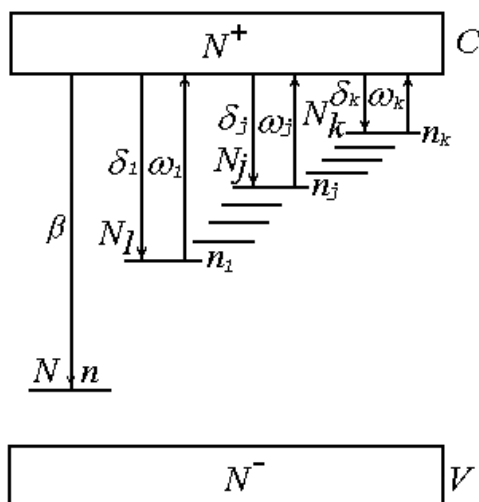


Рисунок 1. Зонная схема кристаллофосфора при наличии глубоких электронных ловушек после времени t_1 – возбуждение образца

Figure 1. Conditioning diagram crystallophosphorus in the presence of deep electron traps after the time t_1 – excitation of the sample

Свет стимулирующего излучения легко отсеять оптическими методами от основной полосы люминесценции, следовательно, отношение сигнала к шуму становится очень высоким. Именно это обстоятельство и позволяет фиксировать зарождение отдельных частиц, поскольку для регистрации применяется метод счета фотонов.

Основными параметрами ФСВЛ являются: S – полная высвеченная светосумма и K_k – коэффициент кинетики. S – пропорциональна концентрации ловушек электронов или дырок, а K_k – эффективному сечению поглощения длинноволнового излучения центрами локализации. Измеряя основные коэффициенты ФСВЛ по формулам 1, определяют концентрацию малоатомных металлических кластеров и их эффективное сечение поглощения ИК излучения.

$$\begin{aligned}
 I(t) &= \sigma_i I n_{j0} \cdot \exp(-\sigma_j I t) \\
 S_0 &= I(0) = \sigma_j I n_{j0} \\
 S_\infty &= \int_0^\infty I(t) dt = n_{j0} \\
 K_k &= \frac{S_0}{S_\infty} = \sigma_j I \sim \sigma_j \text{ (при } I = \text{const)}
 \end{aligned} \quad (1)$$

где S_0 – амплитуда ФСВЛ, а S_∞ – полная запасенная светосумма, I – интенсивность люминесценции, n_j – концентрация уровней локализации неравновесных зарядов.

В качестве модельных образцов широкого распространение получили различные модификации кристалла AgCl обработанные в растворах

или подвергнутые физическому воздействию. Глубокие электронные ловушки, ответственные за вспышку люминесценции в галогенидах серебра имеют серебряную природу. При изучении влияния высоких доз УФ на галогениды серебра, независимо от природы исследуемых материалов: бромида серебра, бромидосеребряных эмульсий, хлорида серебра, при температуре жидкого азота, наблюдается уменьшение стационарной фотолюминесценции [4]. Данное явление получило название “усталости люминесценции” и характеризуется коэффициентом усталости K_y . Уменьшение интенсивности люминесценции обусловлено появлением канала безызлучательной рекомбинации, конкурирующего с центрами свечения или центрами внешнего тушения [1].

Показано, что основная роль в процессе уменьшения стационарной люминесценции принадлежит поверхности. При этом в хлориде серебра, например, под действием УФ излучения образуются малоатомные серебряные кластеры. Эксперименты с растворами окислителей серебра подтверждают эту точку зрения.

При исследовании процессов зарождения новой фазы конденсированных сред – кластеров на поверхности кристаллов с ионно-ковалентной связью для описания процесса образования металлических кластеров на поверхности кристалла можно использовать модель взаимного преобразования центров двух типов. В случае, если $x_0 \ll X$, где x_0 – начальная концентрация адатомов металла на поверхности кристалла, а X – концентрация мест на поверхности кристалла, на которых возможна адсорбция адатомов; при этом так же выполняется $y \ll Y$, где y – концентрация малоатомных металлических кластеров, а Y – концентрация реакционно-способных мест, на которых возможно образование кластера. Для определенности будем считать, что в начальный момент времени на поверхности кристалла находятся только адатомы, причем их концентрация x_0 , т. е. образование кластеров еще не началось. Тогда уравнение взаимного преобразования центров запишется в виде:

$$\begin{cases} \frac{dy}{dt} = A \cdot x - B \cdot y \\ \frac{dx}{dt} = B \cdot y - A \cdot x \\ x_0 - x = k \cdot y \end{cases} \quad (2)$$

Последнее уравнение системы (2) коэффициент k определяет среднее количество центров типа x в y , то есть из какого количества атомов состоит кластер. Начальные условия: $x = x_0$; $y = 0$; при $t = 0$.

Решение данной системы:

$$y = \frac{Ax_0}{Ak+B} \left(1 - \exp\{-[Ak+B] \cdot t\}\right) \quad (3)$$

$$x = x_0 - k \cdot \frac{Ax_0}{Ak+B} \left(1 - \exp\{-[Ak+B] \cdot t\}\right) \quad (4)$$

В стационарном случае, то есть $t \rightarrow \infty$ получаем:

$$y^\infty = \frac{Ax_0}{Ak+B} \quad (5)$$

$$x^\infty = x_0 - k \cdot \frac{Ax_0}{Ak+B} \quad (6)$$

Вероятности преобразования центров друг в друга можно представить в виде [7]:

$$A = A_0 \exp\left\{-\frac{E^A_{акт}}{k_B T}\right\}, \quad (7)$$

$$B = B_0 \exp\left\{-\frac{E^B_{акт}}{k_B T}\right\}$$

Поскольку частотные факторы A_0 и B_0 в первом приближении одного порядка, то при отличии энергий образования и распада центров какого либо типа при азотных температурах порядка 0,08 эВ, а при комнатных порядка 0,12 эВ можно считать, что $A \gg B$. Подобная ситуация, например, реализуется для малоатомных металлических кластеров в галогенидах серебра, при их облучении при температурах порядка 80К, поскольку в темноте за времена, превышающие времена образования малоатомных металлических кластеров на порядок, не наблюдается их распада.

В этом случае, $A \gg B$, формула дает:

$$y^\infty = \frac{x_0}{k} \quad (8)$$

Как известно, атомы металла и малоатомные металлические кластеры, адсорбированные на поверхности кристаллов, имеют целый набор энергетических уровней в запрещенной зоне кристалла, что позволяет их обнаружить и контролировать методом фотостимулированной вспышки люминесценции (ФСВЛ).

Измеряя S_y^∞ и S_x^0 , можно оценить размер образующихся центров по их отношению

$$\frac{S_x^0}{S_y^\infty} \quad (9).$$

Проведенное выше описание модели процесса образования малоатомных металлических кластеров показывает, что используя метод ФСВЛ при определенных экспериментальных условиях можно определить примерный размер образующихся металлических кластеров.

Методика проведения такого эксперимента должна быть следующая: необходимо использовать кристаллы имеющие малые концентрации адатомов. Сначала, измеряется полная высвеченная светосумма, величина пропорциональная концентрации электронных ловушек, в нашем случае адатомов металла. В последующем производится засветка кристалла, что приводит к образованию металлических кластеров. При достаточно длительных временах засветки практически все адатомы участвуют в образовании кластеров. Измерив теперь S^∞ получаем концентрацию центров типа у. Количество атомов в кластере определяется отношением светосумм измеренных до облучения и после облучения кристалла. Необходимо подчеркнуть, что светосуммы пропорциональные концентрации адатомов и кластеров следует отсчитывать от светосуммы измеряемой после очистки поверхности образца, поскольку в этом случае светосумма $S_{пов}$ будет определять концентрацию собственных кристаллических объемных и поверхностных ловушек электронов. Надо отметить, что поскольку функция $f(t) = x + y$ всегда будет выше значения y^∞ , то можно точно говорить лишь о том, что кластер содержит приблизительно (не менее) k атомов.

Экспериментальная установка для проведения температурных исследований и исследований кинетики образования глубоких электронных состояний подробно описана в [3].

При изменении концентрации обрабатываемых растворов наблюдается характерная зависимость, приведенная на рисунке 2. Аналогичная зависимость изменения полос при обработках ионно-содержащими растворами наблюдалась и для других кристаллов с ионно-ковалентным типом связи, при этом графики могут смещаться относительно диапазона концентраций обрабатываемых растворов.

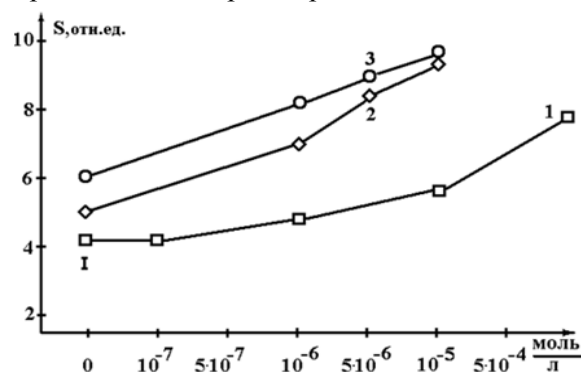


Рисунок 2. Зависимость полной высвеченной светосуммы от концентрации ионно-содержащего раствора. 1 – AgCl + AgNO₃, 2 – ZnS + CuCl₂, 3 – ZnS + ZnCl₂

Figure 2. Highlighted the complete dependence of the light sum of the concentration yodosoderzhazhego solution. 1 – AgCl + AgNO₃, 2 – ZnS + CuCl₂, 3 – ZnS + ZnCl₂

Обработка ионно-ковалентных кристаллов содержащими ионы растворами приводит к синхронному изменению полной высвеченной светосуммы, рисунок 3. Видно, что с увеличением концентрации обрабатываемого раствора, в определенных пределах, наблюдается увеличение полной высвеченной светосуммы. Из данных о концентрациях обрабатываемых растворов и значения S можно сделать вывод, что при малых концентрациях растворов содержащих ионы металлов наблюдается одинаковая тенденция увеличения количества адсорбированных кластеров Me_n , при их удалении, путем травления поверхности, происходит восстановление люминесцентных параметров кристаллов к исходным.

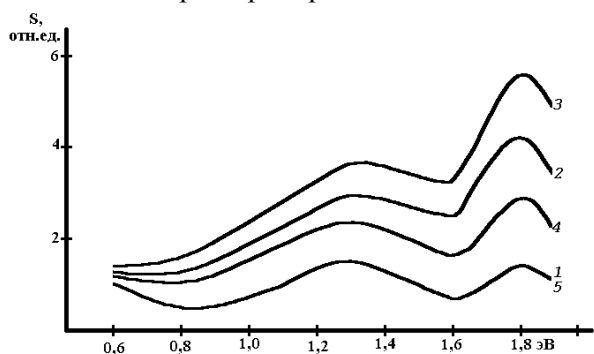


Рисунок 3. Зависимость полной высвеченной светосуммы от длины волны стимулирующего излучения для МК: 1 – CdS; 2 – CdS: Ag(10^{-6}); 3 – CdS: Ag(10^{-5}); 4 – CdS: Ag(10^{-4}); 5 – CdS: Ag(10^{-5} , 10^{-4}) обработанные в растворе $K_3Fe(CN)_6$

Figure 3. Dependence of the total illuminated light sum on the wavelength of the stimulating radiation for MK: 1-CdS; 2-CdS: Ag (10^{-6}); 3-CdS: Ag (10^{-5}); 4-CdS: Ag (10^{-4}); 5-CdS: Ag (10^{-5} , 10^{-4}) treated in a solution $K_3Fe(CN)_6$

При изучении спектра фотостимулированной вспышки люминесценции наблюдается взаимосвязь максимума спектра ФСВЛ с видом ионов металла в обрабатываемом растворе, то есть удается соотнести максимумы полосы люминесценции и виды обрабатываемых растворов [3], что позволяет иметь дополнительную возможность идентификации природы полосы люминесценции и наличия адсорбированных кластеров или структур, образованных с их участием.

Параметры ФСВЛ коррелируют между собой в рамках модели образования малоатомных кластеров, что согласуется с формулой (1), изменение концентрации центров локализации электронов и эффективного сечения поглощения ИК излучения K_k и S для модельных ионно-ковалентных кристаллов. Исследования кристаллов AgCl, CdS и ZnS показали, что наиболее высокая корреляция наблюдается у образцов с типом связи смещенной в сторону ионных кристаллов, например AgCl (см. рисунок 4). Для кристаллов с большей долей ковалентных связей синхронность изменения параметров ФСВЛ наблюдается не всегда.

До настоящего времени является открытым вопрос о применимости метода ФСВЛ к различным кристаллам с ионно-ковалентной природой связей. Предлагается использовать метод корреляционно – регрессионного анализа для оценки возможности применения метода ФСВЛ для контроля параметров поверхностных процессов в люминесцирующих конденсированных средах со смешанным типом связей.

Данные об изменении параметров ФСВЛ для модельного кристалла AgCl позволили предположить, что если выводы о возможности контролировать изменение размеров кластеров путем измерения параметров ФСВЛ верны, то должна наблюдаться линейная регрессия для параметров полной запасенной светосуммы – S_∞ и коэффициента кинетики ФСВЛ – K_k . Построив по данным, приведенным на рис. 4 зависимость коэффициента кинетики ФСВЛ $AgNO_3$ для AgCl удалось построить корреляционно-регрессионную модель для взаимосвязи коэффициента кинетики K_k и полной высвеченной светосуммы S , смотри рисунок 5. При этом коэффициент детерминации R^2 не меняется в зависимости от энергии возбуждения и равен 0,91. Уравнение регрессии имеет вид (10).

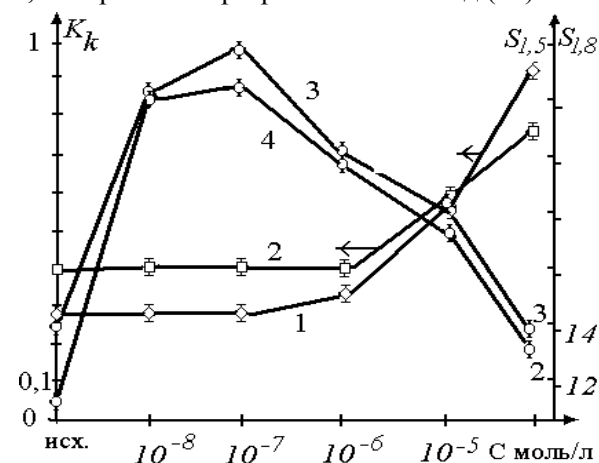


Рисунок 4. Зависимость K_k и S_∞ от C раствора $AgNO_3$ для модельного AgCl. 1, 3 – энергия стимулирующего кванта 1,5 эВ; 2, 4 – энергия стимулирующего кванта 1,8 эВ

Figure 4. The dependence of K_k and S_∞ on C solution $AgNO_3$ model to AgCl. 1, 3 – energy of the stimulating quantum 1.5 eV; 2, 4 – stimulating energy of a quantum of 1.8 eV

$$y = 1,07x + 1,13 \quad (10)$$

Построение данной корреляционно-регрессионной модели с R^2 близкой к 1 подтверждает возможность использование метода ФСВЛ для оценки процессов образования малоатомных кластеров в кристаллах различной степени дисперсности кристаллов AgCl и AgBr.

Подобная корреляция наблюдается и для других кристаллов со смешанным типом связи, но с меньшими коэффициентами детерминации: CdS: Ag $R^2 = 0,78$. Такое снижение значения R^2 указывает на то, что процессы, протекающие в кристаллах с решеткой $A^{II}B^{VI}$, имеют более сложную природу, чем в AgCl и конкурируют с процессами безызлучательной рекомбинации, что требует дополнительного изучения и совершенствования метода ФСВЛ или поиска оптимальных параметров ФСВЛ для данных сред.

Полученная регрессионная модель (рисунок 5) однозначно указывает на то, что с увеличением концентрации обрабатываемых растворов уменьшается количество кластеров, при этом растет их размер, рисунок 4. Данный вывод позволяет применить методику, предложенную в [3] для оценки размеров кластеров, обнаруживаемых методом ФСВЛ.

Критерий выраженной корреляции между K_k и S_∞ может служить условием применения модели кинетических уравнений для расчета размеров кластеров.

Обработка образцов МК CdS растворами, содержащими ионы Ag увеличивает полную высвеченную светосумму ФСВЛ в полосе 1,8 эВ при малых концентрациях, а при увеличении концентрации до 10^{-4} моль/л светосумма уменьшается, что говорит об образовании крупных кластеров, теряющих свойства нанобъектов.

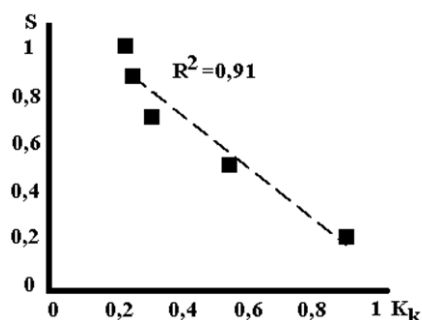


Рисунок 5. Нахождение корреляции между S и K_k для рисунка 3

Figure 5. To evaluate the correlation between S and K_k for figure 3

Измеряя S_y^∞ и S_x^0 методом ФСВЛ, можно оценить размер образующихся центров по их отношению S_x^0/S_y^∞ , т. е. размер кластеров.

Исходя из данных рисунка 3 видно, что для концентрации обрабатываемого раствора 10^{-6} моль/л кластеры и 10^{-5} моль/л светосумма S растет в 1,4 раза, при этом концентрация растет на порядок, что говорит об объединении адатомов

в отдельные малоатомные кластеры. k для такого процесса составляет не менее 5–7 атомов.

Алгоритм применения метода ФСВЛ, на базе которого возможна разработка оборудования для контроля технологических процессов с участием люминесцирующих конденсированных сред со смешанным типом связи, представлен на рисунке 6.

На первом этапе проводятся исследования процессов и определяются параметры ФСВЛ при соблюдении нормативных параметров технологического процесса. По данным исследования составляются градуировочные таблицы процессов. В дальнейшем при наличии в базе градуировочных таблиц, аналогичных условиям рабочего процесса, запускается процесс контроля технологии изготовления методом ФСВЛ. Периодически проводится проверка критериев применимости ФСВЛ по корреляционно-регрессионной модели.

В случае отсутствия градуировочных таблиц для контроля условий рабочего процесса следует провести дополнительные исследования (правая ветвь алгоритма на рисунке 6) и полученную градуировочную таблицу сохранить в базе данных.

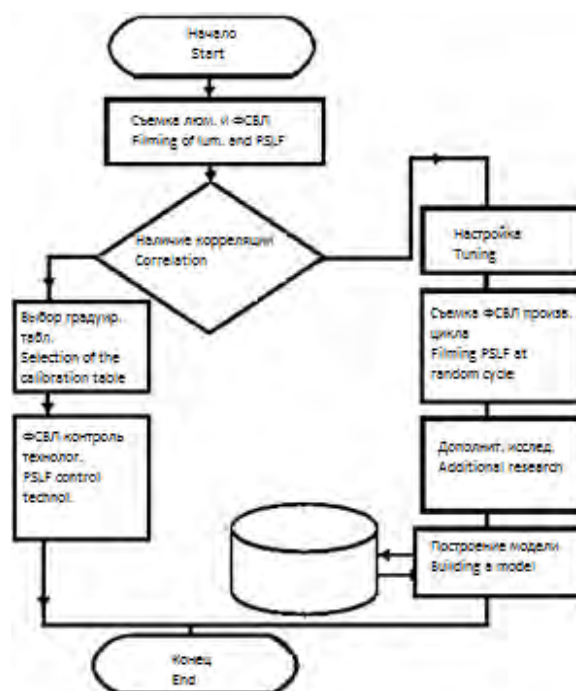


Рисунок 6. Алгоритм применения метода ФСВЛ для контроля технологического процесса с учетом применения критерия детерминации параметров K_k и S_∞ при получении градуировочной таблицы.

Figure 6. The algorithm of application of the method FSWL for process control, applying the criterion of determination of the parameters K_k and S_∞ upon receipt of the calibration table.

Заключение

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о возможности применения метода ФСВЛ для контроля концентрации центров локализации неравновесных носителей при условии существования корреляции между коэффициентом кинетики ФСВЛ и полной запасенной светосуммой.

Рассмотрение модельных кристаллов для апробации критериев применения метода ФСВЛ в рамках модели образования кластеров и с учетом рассмотрения возможности оценить размеры кластеров показало, что метод ФСВЛ хорошо работает для кристаллов AgCl – коэффициент детерминации при построении корреляционно-регрессионной модели близок к 1. Для кристаллов CdS и ZnS значения коэффициента детерминации позволяют говорить о возможности применения модели ФСВЛ

(значение $\approx 0,8$), но указывают на необходимость проведения дополнительных исследований в зависимости от структуры исследуемых объектов и химического состава.

Метод контроля концентрации и степени дисперсности адсорбированных кластеров металла, основанный на методе ФСВЛ, позволяет на базе регрессионного анализа проводить выбор условий для последующего контроля процессов образования малоатомных кластеров и формирования металлических кластеров заданных размеров на поверхности люминесцирующих конденсированных сред.

Данную модель можно расширить на более широкий класс конденсированных сред, имеющих уровни локализации неравновесных зарядов в запрещенной зоне и проявляющих люминесцентные свойства.

ЛИТЕРАТУРА

1 Латышев А.Н., Овчинников О.В., Ключев В.Г., Смирнов М.С. Фотостимулированная вспышка люминесценции: от научной фотографии к фотонике наноструктурированных материалов // Оптика и спектроскопия. 2013. Т. 114. № 4. С. 592–602.

2 Смирнов М.С., Стаселько Д.И., Овчинников О.В., Латышев А.Н. и др., Распад электронных возбуждений в коллоидных квантовых точках CdS и CdS/ZnS: спектральные и кинетические исследования // Оптика и спектроскопия. 2013. Т. 115. № 5. С. 737–746.

3 Кустов А.И., Скляр В.А., Макеева О.В. Информационно-измерительные методы контроля физических параметров поверхностных процессов в кристаллофосфорах // Системы управления и информационные технологии. 2016. № 1(63). С. 67–72.

4 Ovchinnikov O.V., Smimov M.S., Latyshev A.N. Luminescence mechanisms of silver halide crystals at 77 K // Luminescence: the journal of biological and chemical luminescence. 2010. V. 25. № 3. P. 277.

5 Timoshenko Yu. K., Shunina V.A. On the localization of electron states near silver ion adsorbed on atomic-rough surface of AgCl nanocrystal // Surface Science. 2009. V. 603. № 16. P. 2564–2573.

6 Латышев А.Н., Овчинников О.В., Смирнов М.С., Стаселько Д.И. и др. Спектрально-контролируемая поатомная фотосборка кластеров серебра на поверхности ионно-ковалентных кристаллов // Оптика и спектроскопия. 2010. Т. 109. № 5. С. 779–789.

7 Латышев А.Н., Ключев В.Г., Кустов А.И., Овчинников О.В. и др. Термическая десорбция атомов серебра с поверхности монокристаллов AgCl. // Поверхность. 2001. № 11. С. 76–81.

8 Латышев А.Н., Овчинников О.В., Минаков Д.А., Смирнов М.С. Спектры фотоионизации адсорбированных на поверхности монокристалла ZnS атомов серебра // Журнал прикладной спектроскопии. 2006. Т. 73. № 3. С. 335–338.

9 Тимошенко Ю.К., Шунина В.А. Визуализация локализованных электронных состояний нанокристалла AgCl с адсорбированным на атомно-шероховатой поверхности ионом серебра // Известия РАН. Серия Физика. 2008. Т. 72. № 9. С. 1311–1313.

10 Kluev V.G., Ovchinnikov O.V., Novikov P.V. et al. Up-conversion photoluminescence at Zn_{0.6}Cd_{0.4}S with adsorbed metal-organic complexes // Luminescence. The J. of Biol. & Chem. Lum. 2010. V.25. P.275 – 277.

REFERENCES

1 Latyshev A.N., Ovchinnikov O.V., Klyuev V.G., Smimov M.S. Photostimulated flash of luminescence: from scientific photography to photonics of nanostructured materials. *Optika i spektroskopiya* [Optics and spectroscopy] 2013. vol. 114. no. 4. pp. 592-602. (in Russian)

2 Smimov M.S., Staselko D.I., Ovchinnikov O.V., Latyshev A.N. et al. Decay of electronic excitations in colloidal quantum dots CdS and CdS / ZnS: spectral and kinetic studies *Optika i spektroskopiya* [Optics and spectroscopy] 2013. vol. 115. no. 5. pp. 737-746. (in Russian)

3 Kustov A.I., Sklyarov V.A., Makeeva O.V. Information-measuring methods for controlling the physical parameters of surface processes in crystal phosphors. *Sistemy upravleniya* [Control Systems and Information Technology] 2016. no. 1 (63). pp. 67-72. (in Russian)

4 Ovchinnikov O.V., Smimov M.S., Latyshev A.N. Luminescence mechanisms of silver halide crystals at 77 K. *Luminescence: the journal of biological and chemical luminescence*. 2010. vol. 25. no. 3. pp. 277.

5 Timoshenko Yu. K., Shunina V.A. On the localization of electron states near silver ion adsorbed on atomic-rough surface of AgCl nanocrystal. *Surface Science*. 2009. vol. 603. no. 16. pp. 2564–2573.

6 Latyshev A.N., Ovchinnikov O.V., Smimov M.S., Staselko D.I. Spectral-controlled photocomposition of silver clusters on the surface of ion-covalent crystals. *Optika i spektroskopiya* [Optics and spectroscopy] 2010. vol. 109. no. 5. pp. 779-789. (in Russian)

7 Latyshev A.N., Klyuev V.G., Kustov A.I., Ovchinnikov O.V. et al. Thermal desorption of silver atoms from the surface of AgCl single crystals. *Poverkhnost' [Surface]* 2001. no. 11. pp. 76-81. (in Russian)

8 Latyshev A.N., Ovchinnikov O.V., Minakov D.A., Smimov M.S. Photoionization spectra of silver atoms adsorbed on the surface of a single crystal ZnS. *Zhurnal prikladnoi spektroskopii* [Journal of Applied Spectroscopy] 2006. vol. 73. no. 3. pp. 335-338. (in Russian)

9 Timoshenko Yu.K., Shunina V.A. Visualization of the localized electronic states of an AgCl nanocrystal with an silver ion adsorbed on an atomic rough surface. *Izvestiya RAN* [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Series Physics] 2008. vol. 72. no. 9. pp. 1311-1313. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Андрей И. Кустов к.ф.-м.н., доцент, зав. кафедрой, кафедра информационных технологий в экономике, Воронежский филиал Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова, ул. Карла Маркса, 67а, г. Воронеж, 394030, Россия, aikustov@rambler.ru

Сергей А. Никель к.т.н., доцент, кафедра физики, теплотехники и теплоэнергетики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 16.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 25.05.2018

10 Kluev V.G., Ovchinnikov O.V., Novikov P.V. et al. Up-conversion photoluminescence at Zn0.6Cd0.4S with adsorbed metal-organic complexes. *Luminescence The J. of Biol. & Chem. Lum.* 2010. vol. 25. pp. 275 – 277

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Andrey I. Kustov Cand. Sci. (Phys.-Math.), associate professor, “Information Technologies in Economics” department, Voronezh Branch of the Russian Economic University. G.V. Plekhanova, Karl Marx str., 67A, Voronezh, 394030, Russia, aikustov@rambler.ru

Sergey A. Nikel Cand. Sci. (Engin.), associate professor, physics department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.16.2018

ACCEPTED 5.25.2018

Разработка методики оценки распределения компонентов в пищевых продуктах

Евгений С. Акатов ¹	zhenek-asp@mail.ru
Ольга А. Орловцева ¹	starosta1981@inbox.ru
Елена А. Постовая ¹	elena31Postovaya@yandex.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. В статье рассмотрена проблема оценки качества пищевых продуктов и процесса их изготовления на примере определения массовой доли хлористого натрия в буженине. Соль является важным компонентом, содержание которого регламентировано стандартами и техническими регламентами и оказывает влияние на все виды показателей: органолептические, качественные и безопасности. Проанализированы стандартные методы отбора проб и определения массовой доли хлористого натрия - методы Мора и Фольграда, которые устанавливают среднее значение измеряемого показателя. В результате проведенных исследований предложена методика оценки распределения компонентов в пищевом продукте, основанная на втором законе Фика, который учитывает нестационарность потока и предусматривает возможность изменения потока атомов в процессе диффузии. В статье приводится математическое обоснование предлагаемой методики. Основанный на методиках, регламентированных стандартами, метод позволяет наглядно продемонстрировать значения содержания компонента в массе продукта. Разработанный метод дает более полное представление о качестве продукции, позволяет сделать выводы о качестве процесса и причинах, влияющих на него. Данная информация позволит разработать комплекс мероприятий для обеспечения высокого уровня конкурентоспособности исследуемого пищевого продукта.

Ключевые слова: качество, буженина, распределение компонентов, методика, хлористый натрий, диффузия.

The development of the method for assessing the distribution of components in food

Evgeny S. Akatov ¹	zhenek-asp@mail.ru
Olga A. Orlovtsava ¹	starosta1981@inbox.ru
Elena A. Postovaya ¹	elena31Postovaya@yandex.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. The article considers the problem of assessing the quality of food products and the process of their production using the example of determining the mass fraction of sodium chloride in baked pork. Salt is an important component, the content of which is regulated by standards and technical regulations and affects all types of indicators: organoleptic, quality and safety. Standard methods of sampling and determining the mass fraction of sodium chloride - the methods of Mora and Folgrade, which establish the average value of the measured index are analyzed. As a result of the conducted studies, a method for estimating the distribution of components in a food product based on the second Fick law, which takes into account the nonstationary nature of the flow and provides for the possibility of changing the flow of atoms in the diffusion process, is proposed. The article provides a mathematical justification for the proposed methodology. Based on the methods, regulated by standards, the method allows to demonstrate clearly the values of the component content in the product mass. The developed method gives a more complete picture of the quality of products, allows us to draw conclusions about the quality of the process and the causes that affect it. This information will allow to develop a set of measures to ensure a high level of competitiveness of the food product.

Keywords: quality, baked pork, distribution of components, technique, sodium chloride, diffusion

Введение

Качество пищевых продуктов определяется тремя составляющими:

- органолептические показатели, определяемые с помощью органов чувств (к ним относятся вкус, запах, внешний вид, консистенция и т. д.);
- показатели качества, прописанные в документации по стандартизации (стандартах и технических условиях) для конкретного вида продукта;
- показатели безопасности, регламентированные техническими регламентами.

Для цитирования

Акатов Е.С., Орловцева О.А., Постовая Е.А. Разработка методики оценки распределения компонентов в пищевых продуктах // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 82–85. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-82-85

Следует отметить, что качественные показатели зачастую тесно взаимосвязаны с показателями безопасности [2, 6]. Их значения в пищевых продуктах зависят от многих факторов, в частности от состава.

Главной причиной проблем при решении сложной аналитической задачи – анализе состава продуктов питания является их многокомпонентность. Различность состава и форм нахождения определяемых компонентов в пищевых продуктах осложняет процесс пробоподготовки: необходимо отделять определяемый компонент от сопутствующих, что значительно удлиняет

For citation

Akatov E.S., Orlovtsava O.A., Postovaya E.A. The development of the method for assessing the distribution of components in food. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 82–85. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-82-85

процедуру оценки. Для управления качеством продукции на всех этапах технологического процесса, а не только при подготовке сырья или исследовании готовой продукции необходимо выбрать или разработать методику физического или химического анализа [1].

Одним из важных показателей пищевых продуктов, регламентированный не только национальными стандартами, но и техническими регламентами, является массовая доля соли. Особое значение она имеет в мясной отрасли.

Натрий и хлор играют важную роль в организме человека: участвуют во внутриклеточном и межклеточном обмене веществ, регулируют кислотно-щелочное равновесие, влияют на осмотическое давление в клетках, тканях и крови и на водный обмен, хлор является компонентом соляной кислоты в желудочном соке, а действие натрия способствует активации пищеварительных ферментов.

Однако для того чтобы действие поваренной соли обладало положительным эффектом, потреблять ее надо не более 10–15 г в сутки; превышение данного значения может повлечь негативные последствия для организма: переизбыток удержанной воды приводит к нарушениям работы сердца и почек, стимулирует возникновение отеков и вызывает головные боли. Поэтому контроль содержания соли в пищевых продуктах является основной задачей производителей, специализирующихся на выпуске «соленой» продукции.

Другой важной проблемой, связанной с поваренной солью в мясных продуктах, является равномерность ее распределения. Поэтому важной задачей становится разработка методики, не только определяющей массовую долю соли в продукте, но учитывающей ее распределение в массе.

Рассмотрим данную проблему на примере анализа распределения хлористого натрия в буженине.

Материалы и методы

В мясоперерабатывающей отрасли для определения содержания хлористого натрия действует межгосударственный стандарт ГОСТ 9957-2015, который предусматривает анализ продукции методом Мора и методом Фольгарда [1]. В основе наиболее простого – метода Мора – лежит реакция между ионами серебра и ионами хлора в присутствии в качестве индикатора хромата калия. Метод Фольгарда основан на освобождении испытуемого образца от белковых веществ и оттитровывании избытка добавленного раствора азотнокислого серебра раствором роданистого калия в присутствии железоаммонийных квасцов как индикатора.

Данные стандартизированные методы позволяют получить оценку массовой доли хлористого натрия в мясных продуктах с необходимой для промышленности точностью [4]. При этом в ГОСТ 9957-2015 указано, что определение показателя проводят в двух параллельных опытах, а за окончательный результат принимают их среднее арифметическое значение.

При этом для осуществления химического анализа, в том числе и содержания хлористого натрия, стандартом ГОСТ 9792-73 предусмотрен следующий порядок отбора точечной пробы: необходимо отрезать в поперечном направлении на расстоянии не менее 5 см от края кусок массой 200–250 г. То есть данным документом регламентировано только выделение пробы относительно расстояния от края, но не учитываются размеры самого продукта [5].

Результаты исследования и их обсуждение

Оба рассматриваемых метода определяют только среднее содержание соли в исследуемом образце, которое позволяет оценить конечный продукт, и не характеризуют протекание процесса его изготовления. Среднее содержание соли – это рецептурный показатель и принимать его за основной не совсем корректно. Поэтому в современном производстве важно не только контролировать качество, но и управлять им. Для этого необходимо установить взаимосвязь качественных показателей продукта с факторами, оказывающими влияние на эти показатели.

В связи с этим распределение хлористого натрия по объему продукта является важным критерием при оценке качества посола мясных продуктов (буженины, карбоната и т. п.) [3]. Дело в том, что среднее значение соли – это рецептурная оценка, которая, в принципе, не зависит от технологии производства, а ее распределение – следствие воздействия различных факторов и технологических режимов.

Распределение соли по объему буженины, равно как и распределение любого компонента, осуществляется за счет процесса диффузии, на который оказывают влияние различные технологические параметры и свойства исходного сырья. Эта закономерность выражается во втором законе Фика [12, 13]. Он учитывает то, что поток атомов в процессе диффузии может меняться, т. е. принимает во внимание не стационарность потока [8, 11]. При этом скорость накопления диффундирующего вещества в данном объеме является разностью между входящим и выходящим потоками за единичное время. В условиях, не зависящих от концентрации коэффициента диффузии, получим второй закон Фика для одномерной диффузии в дифференциальной

форме [9, 10], где концентрация C зависит от времени t и от глубины диффузии x :

$$\frac{dC}{dt} = D \frac{d^2C}{dx^2} \quad (1)$$

Концентрацию представляем как сумму i -х концентраций:

$$c(t, x) = \sum_{i=0}^N c_i(t) x^2 \quad (2)$$

$$c(t, x) = c_0(t) + c_1(t) + c_2(t) x^2 \quad (3)$$

Представив данное уравнение в виде 2-х функций – время и координата (глубина просола) – получаем следующее:

$$c(t, x) = c_1(t) c_2(x) \quad (4)$$

где:

$$c(x) \frac{dc_1}{dt} = D [c_1(t) c_2(x)] \quad (5)$$

$$\frac{dc}{dt} = \frac{D [c_1(t) c_2(x)]}{c_2(x)} \quad (6)$$

Интегрирование функции времени позволяет вывести константу:

$$\int \frac{dc_1(t)}{c_1(t)} = \int \frac{D(b_1 + 2b_2x)}{b_0 + b_1x + b_2x^2} \quad (7)$$

В результате $t=0$, концентрация в начальный момент времени равна нулю ($C_0=0$), $K=\ln c_0$, получаем уравнение:

$$c(t, x) = \left[D \frac{b_1 + 2b_2x}{b_0 + b_1x + b_2x^2} t + K \right] \times [b_0 + b_1x + b_2x^2] \quad (8)$$

Исходя из уравнения (8), для решения задачи по оценке распределения хлористого натрия предлагается вести отбор проб согласно рисунку 1, а массовую долю соли в каждой пробе определять с помощью методов Мора или Фольгарда. При подготовке к анализу пробы мясных изделий освобождают от оболочки. Из середины цельного готового мясного батона делают поперечный срез (как правило, неправильной формы) толщиной 1 см. Отрезанному образцу придают форму окружности радиусом, максимально приближенным к краям. Затем размечают получившуюся заготовку тремя окружностями: крайняя, средняя и центральная, причем каждая следующая окружность имеет радиус меньше предыдущей в 2 раза. В каждой зоне производят забор проб размером около 1 см (рисунок 1). Пробы измельчают на мясорубке с диаметром отверстий решетки 3,0-4,5 мм и тщательно перемешивают.

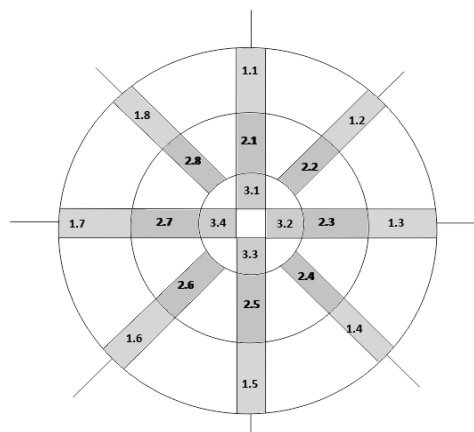


Рисунок 1. Схема отбора проб из среза анализируемого образца

Figure 1. Scheme of sampling from the cut of the analyzed sample

Получившиеся результаты, могут быть представлены в виде круговых диаграмм (рисунок 2 а, б).

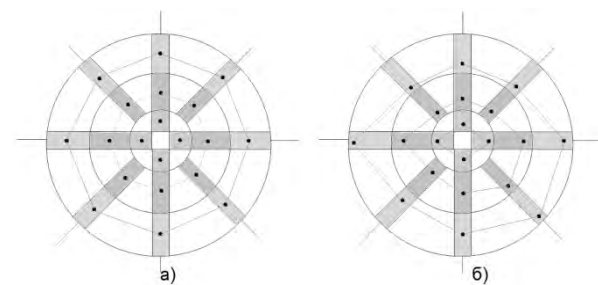


Рисунок 2. Распределение соли в буженине по сечению среза: а – равномерный просол, б – неравномерный просол

Figure 2. Distribution of salt in the boiled pork over the cross-sectional area: a – uniform salting, b – non-uniform salting

Вероятными причинами возникновения неравномерного распределения соли могут быть [7]:

- разная плотность мяса;
- количество влаги в мясе;
- температура внутри камеры;
- влажность внутри камеры;
- количество влаги в мясе;
- количество вносимой соли.

Все это приводит к нестабильности процесса, а, следовательно, к производству продукции более низкого качества.

Заключение

Данная методика оценки распределения соли позволит не только объективно оценивать качество продукта, но и качество самого процесса производства в целом и на каждой отдельной его стадии

ЛИТЕРАТУРА

1 ГОСТ 9957–2015. Мясо и мясные продукты. Методы определения содержания хлористого натрия. М.: Стандартинформ, 2016. 12 с.

2 Шаулина Л.П., Корсун Л.Н. Контроль качества и безопасности пищевых продуктов и продовольственного сырья: учеб. пособие. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2011. 111 с.

3 ГОСТ Р 55795–2013. Продукты из свинины запеченные и жареные. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2015. 16 с.

4 ГОСТ ISO 1841–2–2013. Мясо и мясные продукты. Потенциометрический метод определения массовой доли хлоридов. М.: Стандартинформ, 2014. 10 с.

5 ГОСТ 9792–73. Колбасные изделия и продукты из свинины, баранины, говядины и мяса других видов убойных животных и птиц. Правила приемки и методы отбора проб. М.: Стандартинформ, 2009. 5 с.

6 Сидоров М.А., Корнелеева Р.П. Микробиология мяса и мясопродуктов. М.: «КОЛОС», 1998. 256 с.

7 Филатов А.С., Божкова С.Е., Стрельченко В.А. Способ улучшения потребительских свойств цельномышечных изделий // Вестник мясного скотоводства. 2015. № 3(91). С. 79–82.

8 Знаменский Ю.П. Новое, более общее решение для второго закона Фика, позволяющее описывать массоперенос во всех трех средах // Проблемы современной науки. 2016. № 23. С. 10–17.

9 Xu Z., Zheng D., Ai B., Hu B. et al. Transport diffusion in one dimensional molecular systems: Power law and validity of Fick's law // AIP Advances. 2015. V. 5. № 10. URL: <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.4935186>.

10 Poirier D.R., Geiger G.H. Transport Phenomena in Materials Processing // A publication of TMS. 2016. 652 p.

11 Sun L., Hirvi J.T., Pakkanen T.A., Schatz T. et al. Estimation of montmorillonite swelling pressure: a molecular dynamics approach // Journal of physical chemistry C. 2015. № 34. V. 119. P. 19863–19868.

12 Myers P.D., Goswami D.Y., Stefanakos E. Molten salt spectroscopy for quantification of radiative absorption in novel metal chloride-enhanced thermal storage media // Journal of solar energy engineering, transactions of the ASME. 2015. № 4. V. 137. P. 041002.

13 Tunieva E.K., Nasonova V.V., Stanovova I.A., Spiridonov K.I. et al. Effect of salting on back fat hydrolysis and oxidation // Top conference series: earth and environmental science // 59. Сеп. «59th International Meat Industry Conference, MEATCON 2017» – Publishing house: Institute of Physics Publishing, 2017. P. 012047.

REFERENCES

1 GOST 9957–2015. Miaso i miasnye produkty Metody opredeleniia soderzhaniia khlolistogo natriia [Meat and meat products. Methods for determining the content of sodium chloride] Moscow, Standardinform, 2016. 12 p. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Евгений С. Акатов к.т.н., доцент, кафедра управления качеством и машиностроительные технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, zhenek-asp@mail.ru

Ольга А. Орловцева к.т.н., доцент, кафедра управления качеством и машиностроительные технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, starosta1981@inbox.ru

Елена А. Постовая магистрант, кафедра управления качеством и машиностроительные технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, elena31Postovaya@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 05.06.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 25.07.2018

2 Shaulina L.P., Korsun L.N. Kontrol kachestva i bezopasnosti pishchevykh produktov i prodovol'stvennogo syria [Quality control and food safety and food raw material] Irkutsk, Publishing House of the ISU, 2011. 111 p. (in Russian)

3 GOST R 55795–2013. Produkty iz svininy zapechennye i zharenye Tekhnicheskie usloviia [Pork products baked and fried. Technical conditions] Moscow, Standardinform, 2015. 16 p. (in Russian)

4 GOST ISO 1841–2–2013. Miaso i miasnye produkty Potentsiometricheskii metod opredeleniia massovoi doli khloridov [Meat and meat products. Potentiometric method for determining the mass fraction of chlorides] Moscow: Standardinform, 2014. 10 p. (in Russian)

5 GOST 9792–73. Kolbasnye izdeliia i produkty iz svininy baraniny goviadiny i miasa drugikh vidov uboinykh zhivotnykh i ptits [Sausage products and products from pork, lamb, beef and other meat of slaughter animals and birds. Acceptance rules and methods of sampling] Moscow, Standardinform, 2014. p. (in Russian)

6 Sidorov M.A., Kornelaeva R.P. Mikrobiologiya miasa i miasoproduktov [Microbiology of meat and meat products] Moscow, "KOLOS", 1998. 256 p. (in Russian)

7 Filatov A.S., Bozhkova S.E., Strelchenko V.A. A way to improve the consumer properties of whole-muscle products. *Vestnik miasnogo skotovodstva* [Bulletin of beef cattle] 2015. no. 3 (91). pp. 79–82. (in Russian)

8 Znamenky Y.P. A new, more general solution for Fick's second law, which allows one to describe mass transfer in all three environments. *Problemy sovremennoi nauki* [Problems of Modern Science] 2016. no. 23. pp. 10–17. (in Russian)

9 Xu Z., Zheng D., Ai B., Hu B. et al. Transport diffusion in one dimensional molecular systems: Power law and validity of Fick's law. AIP Advances. 2015. vol. 5. no. 10. Available at: <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.4935186>.

10 Poirier D.R., Geiger G.H. Transport Phenomena in Materials Processing. A publication of TMS. 2016. 652 p.

11 Sun L., Hirvi J.T., Pakkanen T.A., Schatz T. et al. Estimation of montmorillonite swelling pressure: a molecular dynamics approach. Journal of physical chemistry C. 2015. no. 34. vol. 119. pp. 19863–19868.

12 Myers P.D., Goswami D.Y., Stefanakos E. Molten salt spectroscopy for quantification of radiative absorption in novel metal chloride-enhanced thermal storage media. Journal of solar energy engineering, transactions of the asme. 2015. no. 4. vol. 137. pp. 041002.

13 Tunieva E.K., Nasonova V.V., Stanovova I.A., Spiridonov K.I. et al. Effect of salting on back fat hydrolysis and oxidation // Top conference series: earth and environmental science. 59. Сеп. «59th International Meat Industry Conference, MEATCON 2017». Publishing house: Institute of Physics Publishing, 2017. pp. 012047.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Evgeny S. Akatov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, quality management and engineering technologies department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, zhenek-asp@mail.ru

Olga A. Orlovtsava Cand. Sci. (Engin.), associate professor, quality management and engineering technologies department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, starosta1981@inbox.ru

Elena A. Postovaya master student, quality management and engineering technologies department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, elena31Postovaya@yandex.ru

CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 6.5.2018

ACCEPTED 7.25.2018

Кластеризация объектов со слабо формализуемыми признаками на основе нейронной сети в виде слоя Кохонена

Игорь А. Кубасов	^{1,4}	igorak@list.ru
Александр В. Мельников	²	meln78@mail.ru
Сергей А. Мальцев	¹	ucguvdvo@mail.ru
Илья Р. Нарусhev	³	nar_i@bk.ru

¹ Вычислительный центр ФКУ «ГИАЦ МВД России»; ул. Новочеремушкинская, 67; г. Москва, 117418, Россия

² Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

³ Воронежский институт МВД России; пр-т Патриотов, 53, г. Воронеж, 394052, Россия

⁴ Академия управления МВД России; ул. Зои и Александра Космодемьянских 8; г. Москва, 125993, Россия

Реферат. Анализ анкет несовершеннолетних в социальных сетях показывает, что подростки указывают в них сведения, повышающие уровень своей социальной желательности. Такая информация зачастую не имеет соответствия с реальным поведением подростка. Для полноценного анализа уровня девиантности несовершеннолетнего нужны инструменты охватывающие весь спектр показателей. В отличие от обычного подхода к кластеризации объектов на основе их объединения в группы по критерию минимума расстояния в многомерном пространстве при кластеризации признаков целесообразно учитывать их близость по способам получения информации и методам обработки этой информации инспектором по делам несовершеннолетних. На первом этапе исследования проводится кластеризация признаков девиации, на втором определение весовых коэффициентов, показателя степени девиантности внутри каждой из групп признаков, на третьем используется методика кластерно-иерархического подхода при формировании интегрального показателя оценки девиантного поведения несовершеннолетних. Показатель обладает значительной гибкостью учета соотношений между группами признаков и парциальными признаками за счет введения соответствующих множеств весовых коэффициентов. Сделан вывод о предпочтительности методов, основанных на кластеризации объектов в двумерном пространстве целевых показателей или счетов метода главных компонент, а также необходимости дополнительного анализа графической картины взаимного расположения объектов. Из сопоставления разных подходов: 1) кластеризации на основе обобщенного показателя качества и признака обратной девиантности, 2) кластеризации по двум счетам метода главных компонент; 3) кластеризации по всем признакам экспертизы можно сделать следующие выводы. Все способы правильно распределяют объекты по кластерам. Однако при сохранении основных итогов (выделение наилучших и наихудших объектов) результаты несколько отличаются. Это объясняется различным объемом и формами представления исходной информации. Номера активных нейронов (кластеров) программа назначает произвольно, поэтому чтобы упорядочить номера кластеров по некоему признаку (например, качеству объектов), требуется воспользоваться дополнительной графической информацией. С практической точки зрения предпочтительными являются первые два способа, основанные на кластеризации объектов в двумерном пространстве, методе главных компонент и анализе графической картины взаимного расположения объектов.

Ключевые слова: кластеризация, нейронные сети, многокритериальный анализ

Clustering of objects with poorly formalizable features based on a neural network in the form of Kohonen layers

Igor A. Kubasov	^{1,4}	igorak@list.ru
Aleksandr V. Melnikov	²	meln78@mail.ru
Sergey A. Maltsev	¹	ucguvdvo@mail.ru
Ilya R. Narushev	³	nar_i@bk.ru

¹ Center of the PKU "HIAC of the Ministry of Internal Affairs of Russia", Novocheremushkinskaya str., 67, Moscow, 11741, Russia

² Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

³ Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of Russia, Patriotov Av., 53 Voronezh, 394052, Russia

⁴ Academy of Management of the Ministry of the Interior of Russia, st. Zoi & Alexandra Kosmodemyanskikh 8, Moscow, 125993, Russia

Summary. Analysis of profiles of minors in social networks shows that teenagers indicate in them information that increases the level of their social desirability. Such information often does not correspond to the real behavior of the teenager. For a full analysis of the level of deviance of a minor need tools covering the full range of indicators. In contrast to the usual approach to clustering objects based on their Association in groups by the criterion of the minimum distance in multidimensional space when clustering features it is advisable to take into account their proximity to the methods of obtaining information and methods of processing of this information by the inspector for minors. In the first phase of the study is the clustering of signs of deviation, the second the determination of the weighting factors of indicator of the degree of deviance within each group of signs, the third uses the method of cluster-hierarchical approach to forming integral indicator of assessment of deviant behavior of minors. The indicator has a considerable flexibility of the correlation between groups of symptoms and partial characteristics through the introduction of appropriate sets of weighting coefficients. The conclusion is made about the preference of methods based on clustering of objects in the two-dimensional space of targets or accounts of the principal components method, as well as the need for additional analysis of the graphical picture of the relative location of objects. From the comparison of different approaches: 1) clustering on the basis of the generalized indicator of quality and the sign of reverse deviance, 2) clustering on two accounts of the principal components method; 3) clustering on all signs of examination, the following conclusions can be drawn. All methods properly allocate the objects to clusters. However, when you save the main totals (highlighting the best and worst features), the results are slightly different. This is due to the different volume and forms of presentation of the source information. The program assigns numbers of active neurons (clusters) arbitrarily, so in order to arrange the cluster numbers by some feature (for example, the quality of objects), you need to use additional graphical information. From a practical point of view, the first two methods are preferred, based on clustering objects in two-dimensional space, the method of principal components and the analysis of the graphical picture of the mutual location of objects.

Keywords: clustering, neural networks, multicriteria analysis

Для цитирования

Нарусhev И.Р., Мальцев С.А., Мельников А.В., Кубасов И.А. Кластеризация объектов со слабо формализуемыми признаками на основе нейронной сети в виде слоя Кохонена // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 86–91. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-86-91

For citation

Narushev I.R., Malcev S.A., Melnikov A.V., Kubasov I.A. Clustering of objects with poorly formalizable features based on a neural network in the form of Kohonen layers. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 86–91. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-86-91

Введение

Анализ анкет несовершеннолетних в социальных сетях показывает, что подростки указывают в них сведения, повышающие уровень своей социальной желательности. Такая информация зачастую не имеет соответствия с реальным поведением подростка. Для полноценного анализа уровня девиантности несовершеннолетнего нужны инструменты охватывающие весь спектр показателей, характеризующих уровень девиантности. Такие показатели могут быть получены в ходе детального изучения несовершеннолетнего, опроса родителей, соседей, педагогического состава образовательной организации, где обучается подросток и т.д.

В построенной модели девиантного поведения [1] присутствует более 30 критериев девиантного поведения классифицированных в соответствии с характером направленности и вносящие различный вклад в обобщенный показатель девиантного поведения. Следующим актуальным этапом в анализе является решение задачи кластеризации девиаций несовершеннолетних с дальнейшим принятием научно обоснованных решений.

В работе рассмотрим и сравним следующие возможные варианты кластеризации паттернов несовершеннолетних согласно критериям девиантности [1]:

1) разделение выборки пользователей социальных сетей на 3 кластера на основе векторов обобщенного показателя $J_{\text{общ}}$ и признака обратной девиантности $\hat{J}$,

2) кластеризация на основе главных компонент референтной матрицы X ;

3) кластеризация на основе всех признаков объектов экспертизы.

Интегральный показатель девиантности несовершеннолетних

На первом этапе исследования проводится кластеризация признаков девиации, на втором определении весовых коэффициентов, показателя степени девиантности внутри каждой из групп признаков, на третьем используется методика кластерно-иерархического подхода при формировании интегрального показателя оценки девиантного поведения несовершеннолетних.

Определение интегральных показателей, характеризующих уровень девиантности несовершеннолетних, возможно с использованием кластерно-иерархического подхода. На первом этапе такого исследования проводится кластеризация

признаков девиации. В отличие от обычного подхода к кластеризации объектов на основе их объединения в группы по критерию минимума расстояния в многомерном пространстве при кластеризации признаков целесообразно учитывать их близость по способам получения информации и методам обработки этой информации инспектором по делам несовершеннолетних.

Согласно мультипликативной модели обобщенного показателя девиации J соответствует сумме произведений весовых коэффициентов v с тремя показателями: девиация J_1 , жертва J_2 , группа риска J_3 [2]. Выбор групповых весовых коэффициентов позволяет установить требуемое соотношение между вкладами оценок показателей отклонения в комплексный показатель девиантности. Показатель обладает значительной гибкостью учета соотношений между группами признаков и парциальными признаками за счет введения соответствующих множеств весовых коэффициентов [2].

Обобщенный комплексный показатель девиации $J_{\text{общ}}$ представим в следующем виде:

$$J_{\text{общ}} = v_1 J_1 + v_2 J_2 + v_3 J_3, \quad (1)$$

где v_1, v_2, v_3 – межгрупповые весовые коэффициенты значений соответствующих типов отклонения J_1, J_2, J_3 .

Обобщенный показатель девиации $J_{\text{общ}}$, полученный на основе кластерно-иерархического подхода, имеет вид

$$J = \sum_{j=1}^n \tilde{V}_j \times \left[\hat{V}_{\text{нал.}j} \frac{\sum_i V_{i,\text{нал.}j} \hat{x}_{ij}}{\sum_i V_{i,\text{нал.}j}} + \hat{V}_{\text{кач.пр.}j} \frac{\sum_l V_{l,\text{кач.пр.}j} \hat{x}_{lj}}{\sum_l V_{l,\text{кач.пр.}j}} \right]$$

где $V_{\text{нал.}}, V_{\text{кач.пр.}}, \tilde{V}_1, \tilde{V}_2, \tilde{V}_3$ – групповые весовые коэффициенты, определяющие предпочтительность качественных признаков (score), признаков наличия (existence), и весовые коэффициенты, относящиеся к группам критериев, $\hat{x}_{ij}$ – нормированный признак, $J_{\text{общ}}$ – обобщенная функция девиации.

Множества $\{V_j, V_l\}$ определяют относительный вклад отдельных признаков (частных критериев), n – количество типов поведения, весовые коэффициенты критериев оценки девиантности представлены в таблице 1.

Весовые коэффициенты критериев девиантности используемых для формирования
обобщенного показателя девиации

Weight coefficients of deviance criteria for the adoption of the generalized deviation index

	Наименование критериев The name of the criteria	Вид кр. Type cr.	Вес приз. The weight of the sign	Вес групп Weight groups
Девиация Deviation	Алкоголь, курение табака Alcohol, tobacco smoking	нал.ех.	0,235	0,54
	Наркотики, одурманивающие вещества Drugs, intoxicants	нал.ех.	0,549	
	Криминальная субкультура Criminal subculture	нал.ех.	0,1	
	Нетрадиционные сексуальные отношения Perversion sexual relations	нал.ех.	0,116	
	Порнография Pornography	кач.сcore	0,108	
	Азартные игры (на деньги) Gambling (for money)	кач.сcore	0,064	
	Жестокость и насилие по отношению к сверстникам Vio- lence against peers	кач.сcore	0,329	
	Жестокое обращение с животными Cruelty to animals	кач.сcore	0,182	
	Экстремизм (дискриминация) Extremism (discrimination)	кач.сcore	0,316	
Группа риска Riskgroup	Игра не соответствует цензу The game is not age-appropriate	нал.ех.	0,196	0,163
	Видео не соответствует цензу The video is not age-appropriate	нал.ех.	0,493	
	Аудио не соответствует цензу Audio does not match age	нал.ех.	0,311	
	Нецензурная брань Foul language	кач.сcore	0,277	
	«Троллинг» ровесников «Trolling» peers	кач.сcore	0,095	
	«Троллинг» взрослых "Trolling" adults	кач.сcore	0,16	
	Порнографический контент Pornographic content	кач.сcore	0,467	
	Суицид, вред здоровью Suicide, harm to health	нал.ех.	0,559	
Жертва Victim	Персональные данные Personal information	нал.ех.	0,089	0,297
	Опасное «хобби» Dangerous «hobby»	нал.ех.	0,352	
	Общение со взрослыми Chat with strangers	кач.сcore	0,16	
	Демонстрация ценностей Demonstration of personal values	кач.сcore	0,095	
	Участие в розыгрышах, лотереях Participation in lotteries	кач.сcore	0,277	
	Нарушение / пренебрежение ПДД Violation / disregard of traffic rules	кач.сcore	0,467	

Распределение показателей девиантности $J_{\text{общ}}$ выборки из 9 исследуемых паттернов, проанализированных в работе [1] представлено на рисунке 1

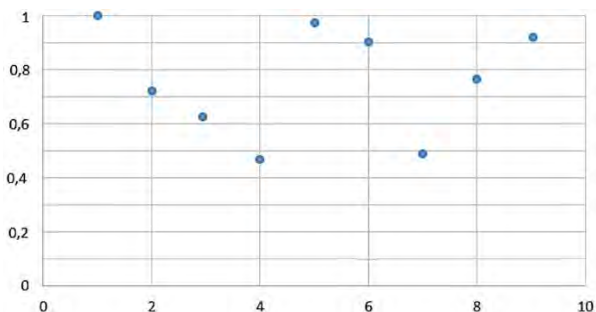


Рисунок 1. Обобщенные показатели девиантности девяти исследуемых паттернов

Figure1. The generalized deviation index of nine studied patterns

Разделение объектов экспертизы на 3 класса

Создадим слой Кохонена [3,4] с помощью разработанной программы (М-функции) на основе встроенной функции newsc (рисунок 2).

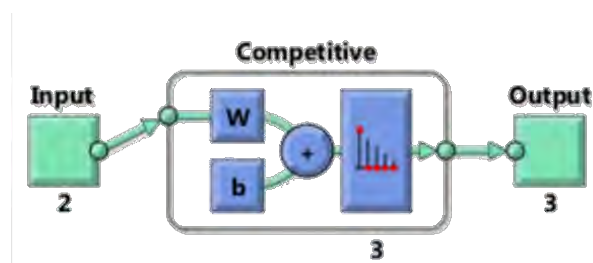


Рисунок 2. Самоорганизующаяся сеть с тремя нейронами

Figure2. Self-organizing network with three neurons

Это слой конкурирующего типа, поскольку в нем применена конкурирующая функция активации. Номер активного нейрона i определяет группу (кластер), к которой наиболее близок входной вектор.

В созданном M -файле языка MATLAB использованы, в частности, процедуры [3]

```
net = newc[-3 3; -3 3], c, 0, 1);
net.trainParam.epochs = 100;
net = train(net, Px);
w = net.IW(1); w = cell2mat(w),
```

определяющие: количество кластеров (c); количество итераций ($epochs$); процедуру обучения ($train$), веса w настроенной нейронной сети.

Пример кластеризации и после 500 итераций получим следующие результаты (рисунок 3).

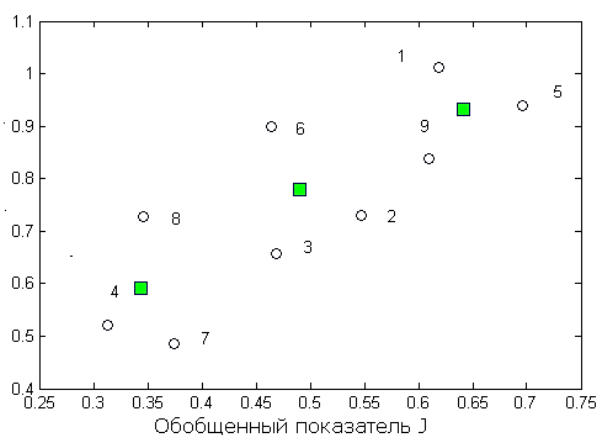


Рисунок 3. Кластеризация объектов экспертизы на 3 кластера

Figure 3. Clustering of examination objects for 3 clusters

На этом рисунке квадратными маркерами обозначены центры кластеров, а кружками – данные объектов экспертизы. Как видим, к первому кластеру (нормальное поведение) относятся 4, 7, 8 объекты, ко второму кластеру (приемлемое поведение) – 3, 2, 6 объекты, к третьему кластеру (девиантное поведение) – 1, 9, 5 объекты.

Чтобы исключить эффект «мертвых нейронов» и сделать все нейроны чувствительными к поступающим на вход векторам, используются положительные смещения ($biases$), которые позволяют нейрону стать конкурентным [4]. Поэтому после настройки все смещения положительны:

В начале процесса обучения параметр активности различных нейронов принимает значение

$$a_0 = \frac{1}{S} \quad (2)$$

где S – количество нейронов конкурирующего слоя, равное числу кластеров. По окончании обучения сети наиболее активным становится второй нейрон.

Кластеризация на основе выделения главных компонент

Существо метода главных компонент состоит в разложении матрицы референтных данных X на произведение матриц «счетов» T и транспонированной матрицы «нагрузок» P [4]:

$$X = TP^T + E, \quad (3)$$

где E – матрица остатков.

Как отражено в работе [2], ограничение только двумя первыми векторами счетов t_1, t_2 дает возможность качественно осуществить кластеризацию и представить взаимное расположение объектов графически.

Осуществим кластеризацию исследуемых объектов в два этапа: 1) на основе матрицы референтных данных X для 9 исследуемых паттернов, осуществим процедуру SVD (Singular Value Decomposition) для нахождения векторов счетов и векторов нагрузок; 2) применим разработанную программу (M -файл) конкурентного обучения к разделению множества первых двух счетов t_1, t_2 на 3 кластера.

В методе SVD обычным приемом нахождения главных компонент является предварительное центрирование и нормировка (шкалирование) векторов-строк матрицы референтных данных. Воспользовавшись встроенной функцией `prestd` языка MATLAB, осуществим эти операции и получим

Для нахождения матрицы счетов T и матрицы нагрузок P применим встроенную функцию SVD языка MATLAB, согласно которой матрица $\hat{X}$ разлагается в произведение матриц U, S, V :

$$\hat{X} = U \cdot S \cdot V \quad (4)$$

После нахождения матрицы T перейдем к задаче собственно кластеризации на основе разработанной программы на языке MATLAB, используя только первые два счета t_1, t_2 .

Для того, чтобы исключить эффект «мертвых нейронов» и сделать все нейроны чувствительными к поступающим на вход векторам, используются смещения ($biases$), которые позволяют нейрону стать конкурентным с нейронами-победителями. Поэтому все смещения положительны:

Выберем три кластера для счетов t_1, t_2 , характеризующих обобщенный комплексный показатель девиантности (1 – хорошее значение, 2 – промежуточное (нормальное) значение, 3 – неудовлетворительное значение).

На основе обучения слоя Кохонена определим центры кластеров рисунок 4.

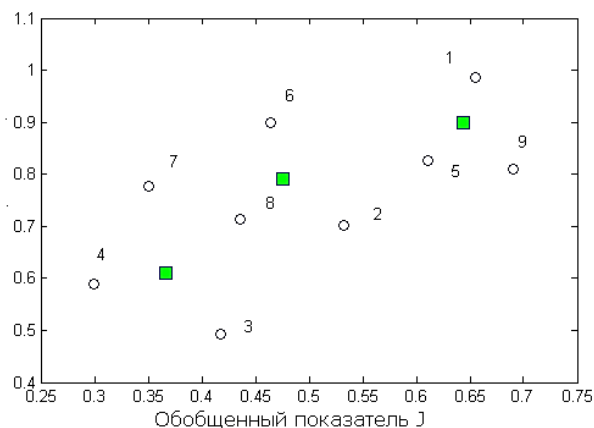


Рисунок 4. Кластеризация 9 объектов используя МГК
Figure 4. Clustering 9 objects using the PCA

На рисунке 4 квадратными маркерами обозначены центры кластеров, крестиками – значения счетов объектов экспертизы. Как видим, к объектам с хорошими характеристиками относятся 4, 7, 3 с нормальными характеристиками относятся 8, 6, 2, а к объектам с неудовлетворительными характеристиками – 1, 9, 5.

Сравнивая между собой результаты кластеризации, полученные на основе первого подхода (рисунок 3) и второго подхода (рисунок 4), можно видеть, что они несколько различаются. Этого и следовало ожидать, поскольку в первом случае кластеризация осуществлялась на основе обобщенного показателя $J_{\text{общ}}$, а во втором случае – на основе выделения методом МГК двух первых счетов t_1, t_2 референтной матрицы X . Однако, наиболее важные объекты в обоих случаях выявлены правильно, что позволяет на практике применять оба рассмотренных подхода.

Кластеризация на основе всех признаков объекта экспертизы

При построении рисунка 4 была использована кластеризация по двум счетам (4) метода МГК. Хотя известно [4], что главные компоненты учитывают до 85–95% полезной информации, содержащейся в матрице референтных данных X , такой метод является приближенным. Поэтому для проверки полученных результатов далее осуществим кластеризацию по всем 4 признакам (столбцам) матрицы X .

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Нарушев И.Р., Мельников А.В., Денисенко В.В. Модели обобщенного показателя девиантного поведения несовершеннолетних // Вестник Воронежского института МВД России. 2018. № 1. С. 44–50
- 2 Мельников А.В., Мальцев С.А. Учет признаков инженерной оценки в экспертизе приемно-контрольных приборов охранно-пожарной сигнализации // Вестник Воронежского института МВД России. 2016. № 3. С. 51–57.
- 3 Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. М.: Издательский дом Вильямс, 2008.

В созданном M -файле языка MATLAB использованы процедуры

```
net = newc([0 1; 0 1; 0 1; 0 1], 3);
wts = midpoint(3, p)
biases = initcon(3)
net.trainParam.epochs = 500;
net = train(net, p),
```

определяющие: количество кластеров (3); начальные значения элементов матрицы весов в центре интервала входных значений с помощью функции `midpoint`; начальные смещения с помощью функции `initcon`; количество итераций (`epochs`).

В первый кластер (хорошая характеристика) попадают 7, 4, 8 объекты; во второй кластер (нормальная характеристика) – 5, 3, 6 объекты; в третий кластер (неудовлетворительная характеристика) – 2, 1, 9 объекты.

Заключение

Из сопоставления разных подходов: 1) кластеризации на основе обобщенного показателя качества и признака обратной девиантности, 2) кластеризации по двум счетам t_1, t_2 метода МГК; 3) кластеризации по всем признакам экспертизы можно сделать следующие выводы.

1. Все способы правильно распределяют объекты по кластерам. Однако при сохранении основных итогов (выделение наилучших и наихудших объектов) результаты несколько отличаются. Это объясняется различным объемом и формами представления исходной информации.

2. Номера активных нейронов (кластеров) программа назначает произвольно. Таким образом, чтобы упорядочить номера кластеров по некоему признаку (например, качеству объектов), требуется воспользоваться дополнительной графической информацией.

3. С практической точки зрения предпочтительными являются первые два способа, основанные на кластеризации объектов в двумерном пространстве показателей $J_{\text{кач}}$, $\hat{P}$ или счетов t_1, t_2 МГК и анализе графической картины взаимного расположения объектов.

4 Zhang Z. Artificial neural network // Multivariate Time Series Analysis in Climate and Environmental Research. Springer, Cham, 2018. P. 1-35.

5 Witten I., Frank E., Hall M. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques. N.Y.: Morgan Kaufmann, 2011. 664 p.

REFERENCES

- 1 Narushev I.R., Mel'nikov A.V., Denisenko V.V. Models of a generalized indicator of deviant behavior of minors. *Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii* [Bulletin of the Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia] 2018. no. 1. pp. 44–50 (in Russian)

2 Mel'nikov A.V., Mal'cev S.A Consideration of signs of engineering assessment in the examination of control panels of fire alarm. *Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii* [Bulletin of the Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia] 2016. no. 3. pp. 51–57. (in Russian)

3 Haikin S. Nejronnye seti: polnyj kurs [Neural networks: full course] Moscow, Williams publishing house, 2008. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Игорь А. Кубасов д.т.н., профессор кафедры информационных технологий, Академия управления МВД России, ул. Зои и Александра Космодемьянских 8; г. Москва; 125993, Россия, igorak@list.ru

Александр В. Мельников д.т.н., профессор, кафедра высшей математики и информационных технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, meln78@mail.ru

Сергей А. Мальцев старший инженер Вычислительного центра, ФКУ «ГИАЦ МВД России», «ГИАЦ МВД России», ул. Новочеремушkinsкая, 67; г. Москва, 117418, Россия, ucguvdvo@mail.ru

Илья Р. Нарусhev адъюнкт, Воронежский институт МВД России, пр-т Патриотов, 53, г. Воронеж, 394052, Россия, nar_i@bk.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Игорь А. Кубасов написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат
Александр В. Мельников консультация в ходе исследования

Сергей А. Мальцев предложил методику проведения эксперимента

Илья Р. Нарусhev обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 16.05.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 27.07.2018

4 Zhang Z. Artificial neural network. Multivariate Time Series Analysis in Climate and Environmental Research. Springer, Cham, 2018. pp. 1-35

5 Witten I., Frank E., Hall M. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques. New-York, Morgan Kaufmann, 2011. 664 p.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Igor A. Kubasov doctor of technical sciences, professor, department of information technology, Academy of Management of the Ministry of Internal Affairs of Russia, st. Zoi & Alexandra Kosmodemyanskikh 8, Moscow, 125993, Russia, igorak@list.ru

Aleksandr V. Melnikov Dr. Sci. (Engin.), professor, Higher Mathematics and Information Technologies department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, meln78@mail.ru

Sergey A. Maltsev senior engineer of the computing center, HIAC, of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Novocheremushkinskaya str., 67, Moscow, 11741, Russia, ucguvdvo@mail.ru

Ilya R. Narushev graduate student, Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of Russia, Patriotov Av., 53 Voronezh, 394052, Russia, nar_i@bk.ru

CONTRIBUTION

Igor A. Kubasov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Aleksandr V. Melnikov consultation during the study

Sergey A. Maltsev proposed a scheme of the experiment

Ilya R. Narushev review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 5.16.2018

ACCEPTED 7.27.2018

Разработка программно-технического компонента геоинформационной системы для мониторинга экологичности воздушного пространства

Александр Ю. Хейло	¹	alheilo@yandex.ru
Игорь А. Хаустов	¹	haustov_ia@mail.ru
Сергей С. Рылев	¹	rozopt@mail.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. В статье рассматривается актуальная проблема загрязненности атмосферного воздуха продуктами техногенного характера, негативно влияющими на экологию окружающей среды и представляющие угрозу для дальнейшего развития человечества и его существования. Одной из задач при решении обозначенной проблемы является своевременный, достоверный и оперативный контроль загрязненности окружающего воздушного пространства. Традиционные средства контроля, как правило, имеют серьезные ограничения в плане применения их над труднодоступными территориями. Кроме того, главными недостатками существующих на данный момент систем экологического мониторинга окружающей среды, способных производить пробоотбор в труднодоступных зонах воздушного пространства являются большая масса и низкая ветроустойчивость конструкций пробоотбора. В работе рассматривается беспилотный летательный комплекс, отличительной особенностью которого является применение автоматизированных пробоотборников, обладающих малыми габаритами и массой. Рассмотрены конструктивные особенности применяемых пробоотборников и комплекс технических средств для управления беспилотным летательным устройством в различных режимах.

Ключевые слова: пробоотбор, окружающая среда, геоинформационная система, система управления, экология

Development of the software and hardware component of the geographic information system for monitoring the environmental friendliness of the airspace

Alexander Yu. Kheylo	¹	alheilo@yandex.ru
Igor A. Khaustov	¹	haustov_ia@mail.ru
Sergey S. Rylev	¹	rozopt@mail.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The article deals with the actual problem of air pollution by man-made products that have a negative impact on the environment and pose a threat to the further development of mankind and its existence. One of the tasks in solving this problem is timely, reliable and operational control of pollution of the surrounding air space. Traditional means of control tend to have serious limitations in their application over hard-to-reach areas. In addition, the main drawbacks of the currently existing environmental monitoring systems capable of sampling in hard-to-reach areas of airspace are the large mass and low wind resistance of sampling structures. The paper deals with an unmanned aerial system, a distinctive feature of which is the use of automated samplers with small dimensions and weight. The design features of the used samplers and a set of technical means for controlling an unmanned aerial device in different modes are considered.

Keywords: sampling, environment, geographic information system, control system, ecology

Введение

Атмосферный воздух – это исключительная среда, которая обеспечивает существование жизни на Земле. Сохранение чистоты воздуха и его естественного состава – важнейшая задача, которая стоит перед современным научным сообществом и перед человечеством в целом. В этой связи чрезвычайно важно своевременно и достоверно осуществлять мониторинг экологичности окружающего воздушного пространства. Особенно это актуально в условиях действующих

производств, деятельность которых связана с различными побочными негативными воздействиями на экологию прилегающих территорий. Однако такой мониторинг не всегда удается производить имеющимися традиционными средствами контроля, (наземного базирования, переносными, портативными – предназначенные для контроля загрязненности воздуха в приземном слое¹), некоторые из них представляют собой переносные портативные лабораторные комплексы.

¹ пат. №2488802, пат. №2526972, пат. №2504750, пат. №2502059, пат. №2497097 и др.

Для цитирования

Хейло А.Ю., Хаустов И.А., Рылев С.С. Разработка программно-технического компонента геоинформационной системы для мониторинга экологичности воздушного пространства // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 79. № 3. С. 92–96. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-92-96

For citation

Kheylo A.Yu., Khaustov I.A., Rylev S.S. Development of the software and hardware component of the geographic information system for monitoring the environmental friendliness of the airspace. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 79. no. 3. pp. 92–96. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-92-96

Зачастую локальный экологический мониторинг требуется осуществлять над труднодоступными территориями (территории промышленных производств, воздушное пространство над хвостохранилищами и отстойниками, пересеченная местность и др.) [1, 2]. В этой связи рассматривается беспилотный программно-аппаратный комплекс, как элемент геоинформационной системы, позволяющий осуществлять пробоотбор, а в перспективе анализ воздуха на содержание вредных примесей в атмосфере.

Устанавливают три категории постов наблюдений за загрязнением атмосферы: стационарный, передвижной и маршрутный [3]. В работе рассматривается маршрутный пост, который предназначен для регулярного отбора проб воздуха в фиксированной точке воздушного пространства при наблюдениях с фиксацией геолокационных данных. Маршрутный пост представляет собой беспилотный летательный аппарат (БПЛА), который выступает в качестве передвижного оборудования [5–10].

Конструкция и функциональные возможности

Большое значение для обеспечения повышенных функциональных возможностей, имеют конструкционные особенности используемого пробоотборника, установленного на БПЛА. Существующие аналоги маршрутных постов отличаются большой парусностью пробоотборных устройств [4], что позволяет использовать их только в безветренную погоду, либо в условиях, близких к идеальным – при слабом стабильном ветре.

Уменьшение массы, парусности конструкции позволяют расширить пространство, потенциально доступное для отбора проб, и использовать БПЛА в погодных условиях, далеких от идеальных. В настоящей работе это достигается благодаря принципиально новому устройству пробоотборника.

Для проведения дистанционного отбора проб воздуха используется специализированный комплекс, состоящий из:

- БПЛА;
- механизма отбора проб;
- системы управления с функцией беспроводной передачи данных, что дает возможность выполнять полет как в автоматическом, так и в ручном режиме.

БПЛА с необходимым оборудованием выполняет полет по заранее заданному маршруту (рис. 1), осуществляет отбор проб в определенных точках (их координаты определяются

на стадии обсуждения технического задания и вносятся в программу полета) и доставляет их на базу. Полет маршрутного поста обычно проходит в автоматическом режиме, но при необходимости оператор может перейти на ручное управление и выполнить корректировку маршрута.

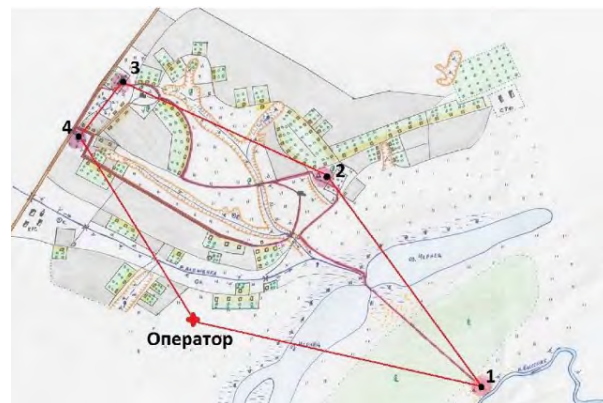


Рисунок 1. Маршрут полета и точки отбора проб воздуха

Figure 1. Flight route and air sampling points

Механизмы отбора проб воздуха установлены на раме квадрокоптера, по одному на каждый луч рамы. Для обеспечения полетных функций маршрутного поста и специальных функциональных возможностей – как элемента геоинформационной системы, конструкция включает устройство навигации, полетный контроллер и бесколлекторные электроприводы (рисунок 2).

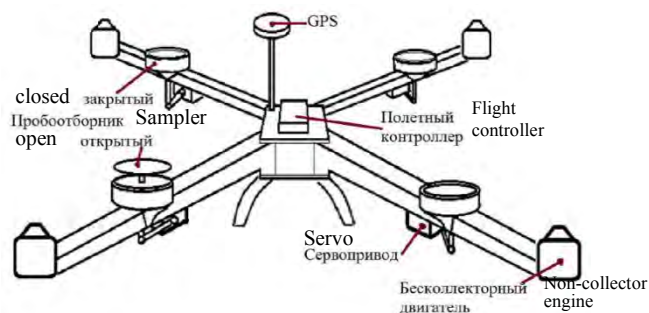


Рисунок 2. Маршрутный пост для мониторинга экологичности воздушного пространства

Figure 2. Route the post to monitor the environmental performance of the airspace

Конструкция пробоотборника представлена на рисунке 3. Шток 1 впаян в две круглые плиты. Верхняя плита 2 выполняет роль заглушки, нижняя 3 осуществляет функции заглушки, ограничителя движения штока и держателя адсорбирующей таблетки 4.

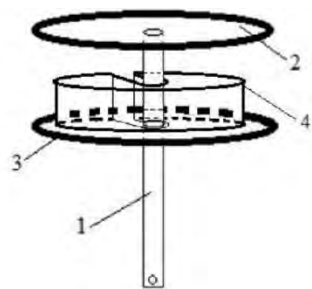


Рисунок 3. Подвижный механизм отбора проб воздуха

Figure 3. The movable selection mechanism of the air samples

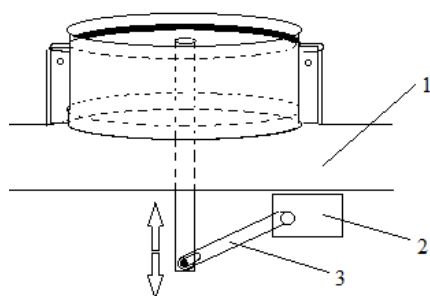


Рисунок 4. Схема механизма пробоотбора воздуха

Figure 4. Scheme of the mechanism of air sampling

Рабочий цилиндр (рисунок 4) фиксируется на луче рамы БПЛА 1, который также является направляющим элементом для штока. Сервопривод 2 связанный со штоком посредством рычага, приводит его в движение, рычаг 3 преобразует вращательное движение сервопривода в возвратно-поступательное. Перемещение штока даёт возможность окружающему атмосферному воздуху 1 (рисунок 5), нагнетаемому винтами квадрокоптера, проникать в рабочий цилиндр, в котором на нижней плите штока располагается адсорбер 2 (адсорбирующая таблетка).

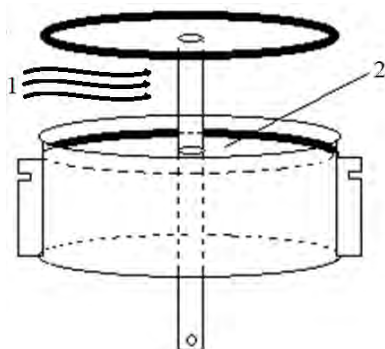


Рисунок 5. Механизм отбора проб в момент пробоотбора

Figure 5. Sampling mechanism at the time of sampling

При завершении сбора проб рабочий цилиндр отсоединяется вместе с конструкцией штока и отправляется в лабораторию.

Описание комплекса программно-технических средств маршрутного поста

Система управления маршрутным постом сконфигурирована на основе аппаратной платформы семейства микроконтроллеров Arduino. В частности, микроконтроллер UNO R3 предназначен для осуществления полетных функций БПЛА (рисунок 6) и управления системой пробоотбора в автоматическом и ручном дистанционном режиме. Система управления полетной функцией БПЛА включает набор датчиков, позволяющих производить геолокацию устройства в пространстве. Система обеспечения геолокации включает модуль GPS GY-NEO6MV2, ультразвуковой дальномер HC-SR04 со встроенным АЦП, барометр GY-68 (со встроенным микроконтроллером BMP180), модуль гироскопа и акселерометра GY-521 MPU6050, предоставляют возможность задания и контроля маршрута передвижения.

В ручном дистанционном режиме управление сервоприводами осуществляется нажатием на соответствующие кнопки на пульте управления (контакты S1-S4), управляющие сигналы с которых передаются на вход дискретно-цифрового преобразователя микроконтроллера Arduino Nano. Управление полетной функцией в ручном дистанционном режиме осуществляется посредством набора потенциометров, сигналы с которых непосредственно поступают на аналого-цифровые преобразователи контроллера.

Связь между пультом и беспилотным летательным маршрутным постом осуществляют радиомодули HC-12 на основе трансивера SI4463 и микроконтроллера STM8. Информация, поступающая на радиомодуль с пульта управления, передается по интерфейсу UART (RS232), далее трансивер SI4463 осуществляет передачу данных по радиоканалу на частоте 433 MHz на радиомодуль объекта управления.

Получив управляющую информацию, микропроцессор микроконтроллера объекта управления обрабатывает полученные данные и подает управляющие воздействия на дискретные выходы микроконтроллера, сигналы с которых поступают на сервоприводы SG-90, оснащенные обратной связью для точной установки углового положения ротора сервопривода и систему управления бесколлекторными электроприводами.

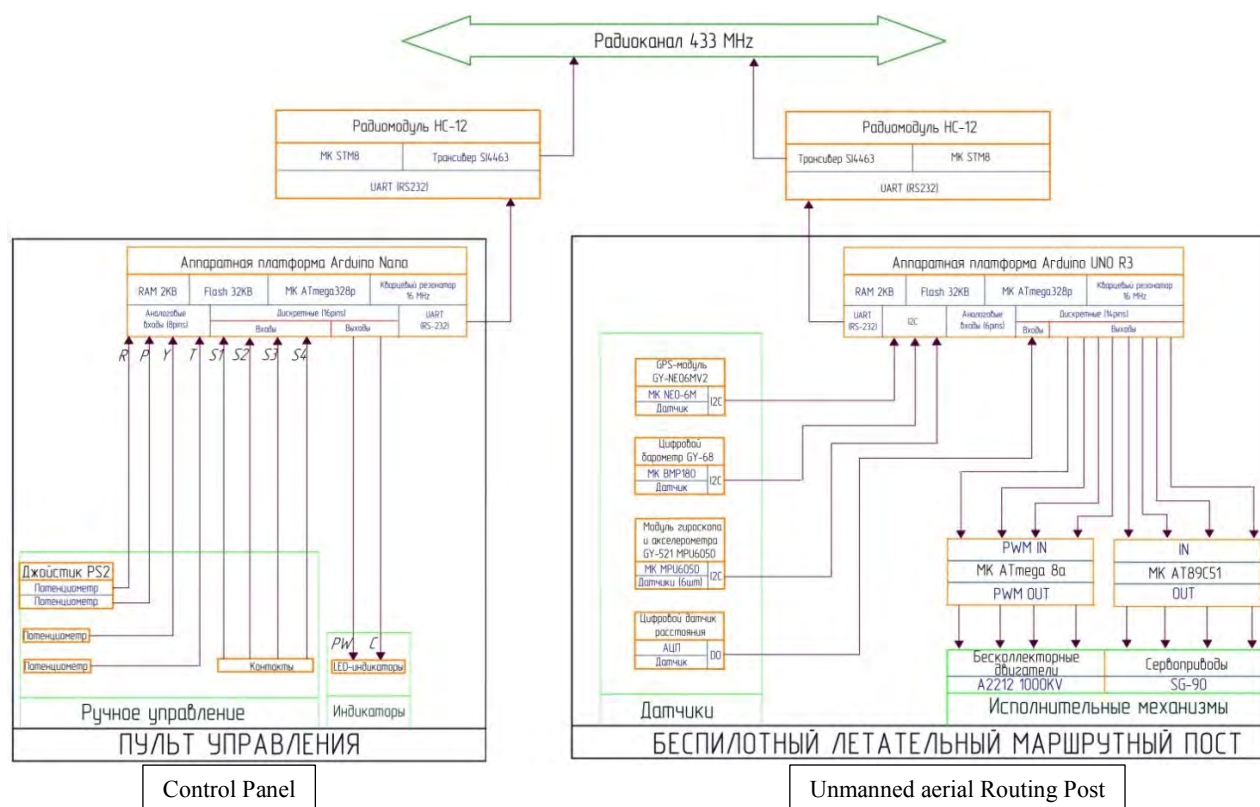


Рисунок 6. Коммуникационная схема информационных потоков в системе управления

Figure 6. Communication scheme of information flows in the control system

Заключение

Разработан пилотный образец автоматизированной системы пробоотбора воздуха – составной элемент геоинформационной системы контроля степени и состава загрязнений воздушного пространства. Реализация системы пробоотбора в пилотном образце позволяет увеличить пространство, возможное для отбора проб воздуха, и сделать устройство менее

требовательным к погодным условиям. Это достигается за счет нового типа пробоотборника, основными преимуществами которого являются малый вес и малая парусность конструкции. Основным недостатком системы является необходимость доставки проб к месту их лабораторного анализа, что увеличивает время создания картографической информации и определения загрязненных зон воздушного пространства.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 376 с.
- 2 Израэль Ю.А. Глобальная система наблюдений. Прогноз и оценка окружающей природной среды. Основы мониторинга // Метеорология и гидрология. 1974. № 7. С. 3–8.
- 3 ГОСТ 17.2.3.01-86. Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов. М.: Стандартинформ, 2005. 4 с.
- 4 Scentroid: Flying laboratory. URL: <http://scentroid.com/scentroid-sampling-drone/>
- 5 Jamal A.P.D.S.Y. Use of Remote Sensing and Geographic Information System for the Classification of Agricultural Land Uses and Land Cover in the Al-Sad Al-Adhim sub District–Iraq // Alustath Journal. 2018. V. 2. №. 225. P. 245-273.
- 6 Hadjadj K., Djouama A., Ettoumi F.Y. Point-to-point FTTH supervision using geographic information system

tool // Modelling, Identification and Control (ICMIC): 8th International Conference on, IEEE, 2016. P. 150-154.

7 Марлей В.Е., Плотников С.Н., Резников В.А. Специализированные библиотеки фрагментов алгоритмических сетей для автоматизации разработки алгоритмических моделей. // Вестник ВГУИТ. 2015. № 3. С. 97-102.

8 Malekmohammadi B., Blouchi L. R. Ecological risk assessment of wetland ecosystems using multi criteria decision making and geographic information system // Ecological Indicators. 2014. V. 41. P. 133-144.

9 Wu H. et al. An innovative approach to managing demolition waste via GIS (geographic information system): a case study in Shenzhen city, China // Journal of Cleaner Production. 2016. V. 112. P. 494-503.

10 Mollalo A. et al. Geographic information system based analysis of the spatial and spatio temporal distribution of zoonotic cutaneous leishmaniasis in Golestan Province, north east of Iran // Zoonoses and public health. 2015. V. 62. №. 1. P. 18-28.

REFERENCES

- 1 Israel Yu. A. *Ehkologiya i kontrol' sostoyaniya prirodnoy sredy* [Ecology and control of natural environment]. L., Hydrometeoizdat, 1979, 376 p. (in Russian).
- 2 Izrael Yu. A global observing system. Forecast and assessment of the natural environment. The monitoring framework. *Meteorologiya i gidrologiya* [Meteorology and hydrology]. 1974. № 7. pp. 3–8. (in Russian).
- 3 GOST 17.2.3.01-86. *Ohrana prirody (SSOP). Atmosfera. Pravila kontrolya kachestva vozduha naselennykh punktov* [State standart 17.2.3.01-86. Nature Protection (JMPR). Atmosphere. Rules of air quality control of settlements]. Moscow, Standartinform, 2005. 4 p. (in Russian).
- 4 Scentroid: Flying laboratory. Available at: <http://scentroid.com/scentroid-sampling-drone/>
- 5 Jamal A.P.D.S.Y. Use of Remote Sensing and Geographic Information System for the Classification of Agricultural Land Uses and Land Cover in the Al-Sad Al-Adhim sub District–Iraq. *Alustath Journal*. 2018. vol. 2. no. 225. pp. 245-273.
- 6 Hadjadj K., Djouama A., Ettoumi F.Y. Point-to-point FTTH supervision using geographic information system tool. *Modelling, Identification and Control (ICMIC). 8th International Conference on, IEEE, 2016, pp. 150-154.*
- 7 Marley V.E., Plotnikov S.N., Reznikov V.A. Special libraries of fragments of algorithmic networks to automate the development of algorithmic models. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2015. no. 3. pp. 97-102. (In Russian).
- 8 Malekmohammadi B., Blouchi L. R. Ecological risk assessment of wetland ecosystems using multi criteria decision making and geographic information system. *Ecological Indicators*. 2014. vol. 41. pp. 133-144.
- 9 Wu H. et al. An innovative approach to managing demolition waste via GIS (geographic information system): a case study in Shenzhen city, China. *Journal of Cleaner Production*. 2016. vol. 112. pp. 494-503.
- 10 Mollalo A. et al. Geographic information system based analysis of the spatial and spatio temporal distribution of zoonotic cutaneous leishmaniasis in Golestan Province, north east of Iran. *Zoonoses and public health*. 2015. vol. 62. no. 1. pp. 18-28.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Александр Ю. Хейло магистрант, факультет управления и информатики в технологических системах, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, alheilo@yandex.ru

Игорь А. Хаустов д.т.н., зав. кафедрой, кафедра информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, haustov_ia@mail.ru

Сергей С. Рылев к.т.н., зам. начальника, Управление информационных технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия), rozopt@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Александр Ю. Хейло написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Игорь А. Хаустов консультация в ходе исследования

Сергей С. Рылев консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 05.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 16.08.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Alexander Yu. Kheylo master student, faculty of management and Informatics in technological systems, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, alheilo@yandex.ru

Igor A. Khaustov Dr. Sci. (Engin.), head of department, Information and control system department, Voronezh state university of engineering technologies), Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, haustov_ia@mail.ru

Sergey S. Rylev Cand. Sci. (Engin.), deputy chief, Department of information technology, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, rozopt@mail.ru

CONTRIBUTION

Alexander Yu. Kheylo wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Igor A. Khaustov consultation during the study

Sergey S. Rylev consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.5.2018

ACCEPTED 8.16.2018

Пищевая биотехнология

Оригинальная статья/Original article

УДК 663.6:675.033

DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-97-103>

Коллагенсодержащие напитки для функционального питания

Людмила В. Антипова	¹	antipova.l54@yandex.ru
Станислав А. Сторублевцев	¹	c11111983@yandex.ru
Анастасия А. Гетманова	¹	anatolievna_93@mail.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. В процессе жизнедеятельности организма непрерывно расходуются питательные вещества, выполняющие пластическую и энергетическую функции. Источником питательных веществ является различные продукты питания, состоящие из сложного комплекса белков, жиров и углеводов, которые в процессе пищеварения превращаются в усвояемые вещества. Коллаген является основой соединительной ткани и скрепляет клетки в составе тканей, создает каркас всего организма. Желудочно-кишечный тракт, как система органов, не является исключением и предназначен для переработки и извлечения из пищи питательных веществ. Большинство органов состоит из соединительной ткани, составляя 60–90% от их массы, что подтверждает её важное значение и роль входящего в состав коллагена в связи с этим не может быть не оценена. Функции коллагена в организме многообразны, одна из главных – участие в пищеварении, нарушение которого есть причина таких заболеваний как гастриты и язвы. Для профилактики и лечения таких заболеваний весьма полезны жидкие коллагенсодержащие продукты питания в виде напитков функционального назначения. Разработаны и получены в опытно-лабораторных условиях разнообразные напитки на коллагеновой основе, с применением дополнительного отвара с мякотью из облепихи, настойки из порошка сушеного корня цикория и отвара с мякотью из топинамбура. Неоспоримый вклад в лечебно-профилактические действия всех перечисленных компонентов доказан не только научно, но и проверен временем.

Ключевые слова: белок, коллаген, желудочно-кишечный тракт, напиток, ранозаживление

Collagen drinks for functional nutrition

Lyudmila V. Antipova	¹	antipova.l54@yandex.ru
Stanislav A. Storublevtsev	¹	c11111983@yandex.ru
Anastasiya A. Getmanova	¹	anatolievna_93@mail.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. In the process of life of the body continuously consumed nutrients that perform plastic and energy functions. The source of nutrients is a variety of foods, consisting of a complex of proteins, fats and carbohydrates, which in the process of digestion are converted into digestible substances. Collagen is the basis of connective tissue and binds the cells in the tissues, creates the frame of the whole body. The gastrointestinal tract, as a system of organs, is no exception and is designed process and extract nutrients from food. Most organs consist of connective tissue, accounting for 60–90% of their mass, which confirms its importance and the role of collagen in this regard can not be estimated. Collagen functions in the body are diverse, one of the main - part in digestion, the violation of which is the cause of diseases such as gastritis and ulcers. For the prevention and treatment of such diseases are very useful liquid collagen-containing food in the form of functional drinks. Developed and obtained in the experimental laboratory a variety of drinks on a collagen basis, with the use of additional broth with sea buckthorn pulp, tincture of dried chicory root powder and broth with the flesh of Jerusalem artichoke. An invaluable contribution to the therapeutic and preventive actions of all these components is proved not only scientifically, but also time-tested.

Keywords: protein, collagen, gastrointestinal tract, beverage, wound healing

Введение

В процессе жизнедеятельности организма непрерывно расходуются питательные вещества, выполняющие пластическую и энергетическую функции. Источником питательных веществ являются различные продукты питания, состоящие из комплекса сложных белков, жиров и углеводов, которые в процессе пищеварения превращаются в более простые вещества, усвояемые организмом.

На данный момент существует нехватка пищевого белка. Эта проблема является не только экономической, но и социально-медицинской проблемой современного мира, поскольку наличие или отсутствие сбалансированного по белку

рациона не даёт нормально развиваться биологическому организму. Следовательно, белок – это одно из мощных средств воздействия на популяцию человека на планете, на формирование умственно и физически развитого индивидуума. Трудно переоценить роль белков соединительных тканей, которые не сбалансированы по аминокислотному составу, но выполняют важнейшие пластические функции.

Так например, в последнее время роль коллагеновых белков в питании пересмотрена и его причисляют к белкам молодости, красоты и здоровья [2]. Однако для его достаточного биосинтеза необходим витамин С в требуемом количестве для преобразования пролина в оксипролин, либо пополнение оксипролина за счет перевариваемых форм коллагена.

Для цитирования

Антипова Л.В., Сторублевцев С.А., Гетманова А.А. Коллагенсодержащие напитки для функционального питания // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 97–103. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-97-103

For citation

Antipova L.V., Storublevtsev S.A., Getmanova A.A. Collagen drinks for functional nutrition. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 97–103. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-97-103

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) в своих докладах сообщает, что у современного человека идёт процесс постоянного «сверхпланового» распада белка, что связано с наличием и ростом масштабов различных заболеваний. Это происходит в результате пагубного состояния экологии, неправильного питания, стресса, а также генетического наследования черт, сформировавшихся нездоровым образом жизни. Сложившаяся ситуация требует обоснования новых комплексных подходов для разработки коллагеновых субстанций и препаратов, полезных и безопасных в поддержании и коррекции состояний человеческого организма.

В соответствии с современной теорией питания соединительным белком была причислена функция в пищеварении, аналогичная пищевым волокнам полисахаридной природы, в связи с этим появились новые сведения по поиску и использованию коллагенсодержащего сырья, которое представляет большой интерес и открывает перспективы в создании экологически чистых, безопасных и улучшающих функционирование желудочно-кишечного тракта продуктов и напитков, т. е. продуктов функционального назначения. Установлено также положительное влияние ингредиентов соединительной ткани на процесс пищеварения, состояние и функцию полезной кишечной микрофлоры [1].

Источники коллагена разделяют на животного и водного происхождения.

Ткани животных служат источниками коллагена, среди которых наибольшую популярность и распространение для производства коллагеновых субстанций получили шкуры (спилки) крупного рогатого скота.

Первичная структура α -цепей коллагена необычна, так как каждая третья аминокислота в полипептидной цепи представлена глицином, около 1/4 аминокислотных остатков составляют пролин или 4-гидроксипролин, около 11% – аланин. В коллагене такие аминокислоты, как цистеин и триптофан, α гистидин, метионин и тирозин находятся лишь в очень небольшом количестве. В составе первичной структуры α -цепи коллагена содержится также необычная аминокислота – гидроксизин. Каждая из этих аминокислот имеет большое значение для формирования коллагеновых фибрилл.

Аминокислотная последовательность определяет пространственную структуру белков, а та в свою очередь – биологические и технологические функции. Все аминокислоты можно разделить на три группы в зависимости от строения боковой цепи. Первую группу представляют глицин (0,330), валин (0,320), аланин (0,133), изолейцин (0,025), фенилаланин (0,034) и пролин (0,175) – это неполярные аминокислоты, характеризующиеся химической инертностью. Ко второй

группе можно отнести серин (0,043), треонин (0,078), тирозин (0,012), метионин (0,030), оксипролин (0,161) – кислоты, имеющиеся в составе активные реакционно-способные группы. К третьей группе относят полярные аминокислоты, диссоциирующие как основания (лизин (0,039), аргинин (0,119), гистидин (0,009)) и как кислоты (глутаминовая (0,148) и аспарагиновая (0,099)). Наличие полярных аминокислот обуславливает высокую реакционную способность коллагена [1, 4].

В последние годы XX века было сделано до сих пор ещё недооцененное открытие о возможности получения коллагеновых белков из кожи рыбы, которые отличаются более простой пространственной структурой и способны к растворению в нативном виде. Такие белки сохраняют молекулярную структуру и биологическую активность вне живого организма после извлечения из рыбы, что отличает их от животного коллагена, технология получения которого базируется на обязательной деструкции (гидролизе) для получения растворимых форм путем перехода из высокомолекулярной формы исходной волокнистой молекулы вещества в более низкомолекулярную.

Первый опыт получения раствора коллагена из рыб принадлежит польским химикам, который в последствии усовершенствован. В 2003 году впервые получен водный раствор ихтиоколлагена в виде дермокосметологического препарата. Это был первый в мире препарат нативного коллагена, продукты диссимиляции которого способны проникать в глубокие дермальные слои кожи человека, а, следовательно, вызывать мощное воздействие на биосинтез собственного коллагена [3].

Коллаген получают в виде уникальной склеивающей субстанции, которая выполняет и множество функций в организме:

- является основой соединительной ткани и скрепляет клетки, тем самым создавая каркас всего организма;
- предотвращает разрывы и повреждения тканей при нагрузках. От крепости коллагеновых волокон зависит крепость связок, мышц, сухожилий, костей;
- является основой кожного покрова: гладкость, отсутствие морщин и упругость которого напрямую зависят от коллагена и его достаточности;
- удерживает влагу в клетках;
- от коллагена зависят возрастные изменения кожи. Достаточное количество и качество коллагена помогает предотвращать и дольше сохранять упругость и гладкость кожи, предотвращает обвисание тканей.

Уникальные биологические функции коллагена вызывают огромный интерес ученых и практиков, в связи с чем информационные данные о его применимости в практической деятельности человека постоянно обновляются.

Коллаген используют как систему доставки лекарственных препаратов, получают защитные контактные линзы в офтальмологии, разнообразные губки от ожогов и ран, матрицы для клеточных культур. Он также используется в операциях при трансплантации кожи на поврежденные участки, производстве имплантатов, искусственных сосудов и клапанов.

Причиной огромного количества заболеваний является нарушение процесса синтеза коллагена в организме. Такие нарушения ведут к слабости соединительной ткани и коллагеновых волокон в ней, страдает качество коллагена [3].

Организм получает коллаген с пищей в естественной форме в виде кожи, связок, хрящей, и т. п. При заболевании ЖКТ, пониженной кислотности, заболеваниях поджелудочной железы, недостатке ферментов и других проблемах с пищеварением, такой коллаген не сможет усвоиться организмом. Для усвоения необходимо разрушить достаточно прочные связи в молекулах коллагена, чтобы получить отдельные элементы, способные усвоиться, не переваренные фрагменты не усваиваются организмом и выводятся из него. Именно поэтому труднопереваривать хрящи, связки и сухожилия. А такой вид коллагена как кости, ногти, содержащие ещё и кератин, вообще не способны перевариться ферментами желудочно-кишечного тракта животного организма.

Гидролизированный коллаген – это самая лучшая форма для усвоения организмом. С помощью различных кислот и щелочей в промышленных условиях коллагеновые волокна расщепляются на самые мелкие составляющие (аминокислоты и пептиды), кроме того, удаляются лишние балластные вещества, не имеющие отношения к коллагену. Имеется положительный опыт применения ферментов в получении растворимых форм коллагена, который нашел применение в косметологии, медицине и пищевой промышленности. Отсюда можно сделать вывод, что при заболевании желудочно-кишечного тракта растворимый коллаген вполне может служить доступным источником оксипролина, необходимого для биосинтеза собственного коллагена. Такую форму можно получить любым способом, безопасным для человека.

На базе Воронежского государственного университета инженерных технологий уже разработан, получен и запатентован, как альтернативный, результат по получению коллагена рыбного происхождения. Изобретение относится

к рыбоперерабатывающей, косметической и пищевой промышленности, а именно к способам получения коллагена. В настоящее время доказана эффективность и перспективность получения различных субстанций из шкур прудовых рыб. Получение водорастворимого коллагена, как способа реализации рационального использования кожи рыб – вторичного сырья, позволяет реализовать безотходную технологию основного производства [1, 2].

Основное достоинство такого вида коллагена – природная растворимая форма, т. е. при извлечении из ткани его получают в виде гидрата, а не гидролизата. Это значительно упрощает технологию и повышает статус безопасности.

В последнее время набирает все большую популярность применение коллагена в производстве продуктов функционального назначения, разнообразных БАДов для спортивного, профилактического и повседневного употребления. Коллаген, используемый в качестве добавок, имеет нейтральный вкус и запах поэтому может использоваться во многих блюдах, например, таких как кисель, лапша или кофе, т. е. применительно к технологии жидких продуктов питания. Жидкие продукты питания особенно полезны при разработке специального и лечебного питания.

Коллаген и его технологические качества позволяют разрабатывать усовершенствованные и новые рецептуры коллагенсодержащих продуктов и напитков.

Наряду с медикаментозными препаратами, врачи при заболеваниях ЖКТ настоятельно рекомендуют придерживаться строгой диеты, в меню которой обязательно входит кисель. Главное лечебное достоинство напитка – способность обволакивать желудок и защищать слизистую оболочку от повреждений. Это позволяет не только избежать дополнительного воспаления, но и наладить работу пищеварительной системы в целом. Напиток снимает боль, запускает процессы регенерации и облегчает воспалительные процессы в желудке. Метионин, содержащийся в киселе, нормализует работу поджелудочной железы, а лецитин регулирует уровень холестерина. Клетчатка принимает активное участие в очищении организма, выводит токсины, улучшает обмен веществ. Систематическое употребление киселя облегчает тяжесть в желудке, нормализует стул, понижает кислотность. Отличное средство при дисбактериозе.

В виду регенеративных свойств на коллагеновой основе для заживления слизистых желудочно-кишечного тракта предлагается киселеобразный напиток с дополнительным использованием отвара с мякотью из облепихи, настойки из порошка сушеного корня цикория и отвара с мякотью из топинамбура, для придания органолептических свойств и обогащения.

Такие напитки способны удовлетворять полностью или частично определенным требованиям:

- обладать антидотным свойством;
- ускорять или замедлять метаболизм;
- ускорять выведение вредных веществ из организма;
- повышать общую устойчивость организма;
- воздействовать с помощью отдельных пищевых веществ на состояние наиболее поражаемых органов;
- компенсировать повышенные затраты пищевых и биологически активных веществ, связанных с учетом рациона питания.

Свойства напитка формирует не только коллаген, но и отобранные в результате информационного поиска компоненты. Облепиха оказывает противовоспалительное и регенерирующее действие, помогая заживлять эрозии язвы. Содержащиеся в ней вещества стимулируют работу всех желез внутренней секреции, что благоприятно сказывается на работе всего организма. Облепиха показана при гастритах. Кроме эффекта снижения кислотности желудка, она усиленно используется в лечении язв желудка и 12-перстной кишки, при снижении аппетита, запорах. Ее ягоды полезны свойством снижать уровень холестерина, они мягко и эффективно очищают кишечник от вредных веществ, восстанавливают микрофлору и перистальтику благодаря входящим в состав пектиновым веществам, водорастворимой клетчатке. Плоды эффективно снимают различные воспаления, стимулируют процессы регенерации, в том числе во внутренних органах. Такие свойства облепихи усиливают и дополняют свойства коллагеновых белков [7].

В настоящее время цикорий используется в кулинарии и промышленном производстве кофе, а также в виде самостоятельного растворимого напитка в виде сухого порошка, получаемого из корня растения. Отвар корней цикория достаточно эффективен при заболеваниях кишечника и желудка. Инулин содержащийся в его корне является превосходным бифидостимулятором, способствующим развитию микрофлоры кишечника. Это улучшает перевариваемость употребляемой пищи и укрепляет иммунитет организма. Противомикробное и заживляющее действие цикория помогает снизить воспалительные процессы в слизистой оболочке желудка и кишечника в случае их возникновения. Эти бесценные качества порошка из корня цикория дополняют и усиливают качества коллагеновых белков [5].

Топинамбур – это отличное средство от запоров, желудочных и кишечных колик, метеоризма, дисбактериоза, гастрита, язвы желудка, цирроза печени, хронического холецистита, язвы двенадцатиперстной кишки, желчнокаменной болезни и изжоги. Этот удивительный по своим лечебным свойствам корнеплод выводит из организма токсины, тяжелые металлы, а также радионуклиды. В этом растении содержится большое количество железа, необходимого для синтеза гемоглобина. Клубни топинамбура устраняют воспаления, локализованные в органах ЖКТ, нормализуют кровоснабжение поджелудочной железы, способствуют выведению желчи, богаты инулином и пектинами, способствующими нормализации кишечной микрофлоры, защищают печень от негативного воздействия токсинов, повышают устойчивость пищеварительных органов к бактериальным и вирусным инфекциям, препятствуют попаданию в органы ЖКТ различных паразитов. Что помогает достичь высокого уровня усвояемости коллагеновых белков [8].

Материалы и методы

Гидрат коллагеновых белков из кожи толстолобика получали в виде дисперсии по схеме (рисунок 1), разработанной авторами патента [6]:



Рисунок 1. Экспериментальная ссылка на патент получение коллагеновой дисперсии

Figure 1. Experimental reference to the patent of collagen dispersion

Химический состав коллагеновых дисперсий определяли:

- массовую долю влаги составляющую 96,9% по ГОСТ 15113.4-77;
- массовую долю золы равную 0,8% по ГОСТ 15113.8-77;
- содержание коллагена по методу Воловиной В.П. от сухого вещества имеет значение 0,87% по ГОСТ 23401;
- величина pH 3,9 по ГОСТ 29188.2-91;
- количество белка составляет 3,12% по ГОСТ 31795-2012;

• органолептические показатели определяли по ГОСТ 7631-2008. Установлено что дисперсия полупрозрачная, гелеобразная, имеет цвет от светло-желто до белого, запах нейтральный (допускается слабо выраженный, характерный для данного вида сырья), вкус не нормируется.

Химический состав коллагеновой основы показывает достаточное содержание пролина и оксипролина [1, 3] и содержание в предварительно приготовленных отварах и настойки содержание незаменимых элементов, в том числе и витамина С, что в свою очередь доказывает бесценные свойства предлагаемой разработки функциональных напитков.

Коллагеновую основу (дисперсию) смешивали с отваром с мякотью из облепихи, настойкой с порошком из сушеного корня цикория и отваром с мякотью из топинамбура.

Для приготовления отвара с мякотью облепихи использовалось 400 г облепихи быстрозамороженной СТО 23099662-001-2015, на которую приходилось 2 л дистиллированной воды для нужной консистенции, т. е. пропорция приготовления отвара 1:5. На медленном огне было доведено до кипения предварительно выжатую облепиху, проварить в течение 10–15 мин и измельчить полученный отвар блендером. Полученную основу процедить. Влить в отвар выжатый сок облепихи, который сохранил большее количество полезных веществ. Добавить измельченные листья стевии ГОСТ Р 53904-2010 в количестве 10 г, для придания сладости напитку. Затем уже в охлажденный отвар с мякотью облепихи добавить дисперсию рыбьего коллагена, перемешать с помощью блендера, охладить и хранить при температуре не выше 4 °С.

Для приготовления отвара с мякотью из топинамбура использовалось 200 г предварительно отваренного и измельченного блендером топинамбура, на который приходилось 400 мл дистиллированной воды. Добавить измельченные листья стевии ГОСТ Р 53904–2010 в количестве 4 г, для придания сладости напитку. Для придания вкуса напитку добавить 20 мл свежесжатого сока лимона или апельсина. Затем уже в охлажденный отвар с мякотью топинамбура добавить

дисперсию рыбьего коллагена, перемешать с помощью блендера, охладить и хранить при температуре не выше 4 °С.

Для приготовления настойки с порошком из сушеного корня цикория ГОСТ Р 55512-2013 в соответствии с источником [5] приходится на 1 чайную ложку 250 мл кипятка. Данный раствор настаивается в течение 30 мин. В настоявшуюся и охлажденную основу добавить 1 г измельченных листьев стевии ГОСТ Р 53904-2010, для придания напитку сладости. Для придания вкуса напитку добавить 5 мл свежесжатого сока лимона или апельсина. Затем уже в настой порошка из сушеного корня цикория добавить дисперсию рыбьего коллагена, перемешать с помощью блендера, охладить и хранить при температуре не выше 4 °С.

В ходе экспериментальных исследований по подбору компонентного состава киселя на коллагеновой основе с мякотью из облепихи, настойки с порошком из сушеного корня цикория и отвара с мякотью из топинамбура варьировали соотношение коллагеновой дисперсии и готовых основ при контроле вязкости. Определение вязкости проводили на вискозиметре вибрационном SV-10 в ЦКП КУЭП ВГУИТ в соответствии с инструкцией к прибору. Исследования проводили с учетом знаний при химического состава коллагеновых дисперсий [4], облепихи [7], топинамбура [8] и цикория [5].

Цель работы – обоснование компонентного состава и рецептуры напитков функционального назначения на основе растворимого коллагена рыбного происхождения.

Результаты и обсуждение

Результаты определения вязкости гидрата коллагена (исходного образца) и киселя при температуре 22–25 °С представлены в таблице 1.

Таблица 1.
Влияние соотношения компонентов
в составе киселя

Table 1.
Effect of the ratio of components
in the composition of the kissel

Гидро модуль Hydromodule	Вязкость дисперсии коллагена, мПа/с The viscosity of a dispersion of collagen, MPa/s	Вязкость киселя, мПа/с Viscosity of kissel, MPa/s
Образец Sample	10040	15,29
1:1	1230	
1:2	494	
1:3	20,72	
1:4	19,00	
1:5	18,34	
1:6	17,12	
1:7	10,31	
1:8	8,56	
1:9	6,75	
1:10	5,07	

Исходя из данных таблицы 1 можно заключить, что соотношение компонентов, отвечающее требованиям к киселям ГОСТ 18488-2000, следует принять как 1:6.

Исходя из вышесказанного, были проведены исследования и опыты с коллагенсодержащими напитками, результаты которых представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Сравнительная характеристика и органолептические свойства коллагенсодержащих напитков

Table 2.

Comparative characteristics and organoleptic properties of collagen-containing beverages

Наименование показателя Name of indicator	Значение показателя Value of indicator		
	Облепиха Sea-buckthorn	Топинамбур Topinambur	Цикорий Chicory
pH, t=24,2°C	3,44	3,63	3,72
Вязкость Viscosity, мПа/с	41,3	44,7	49,5
Органолептические показатели (до и после добавления коллагеновой дисперсии) Organoleptic characteristics (before and after the addition of collagen dispersion)			
Внешний вид Appearance	От жидкого до тягучего, киселеобразного состояния From liquid to viscous, jelly-like state	От пюреобразного до тягучего, киселеобразного состояния From paste to a viscous, jelly-like state	От жидкого до тягучего, киселеобразного состояния From liquid to viscous, jelly-like state
Цвет Color	Изменение цвета от яркого оранжевого до оранжево-матового цвета Color change from bright orange to orange-matte	Изменение цвета от коричневатого до бежево-матового цвета Color change from brownish to beige-matte	Изменение цвета от бледно-желтого до молочно-белого цвета Color change from pale yellow to milky white
Консистенция Consistency	Изменение от жидкого до вязкого состояния Change from liquid to viscous state	Изменение от пюреобразного до вязкого состояния The change from paste to a viscous state	Изменение от жидкого до вязкого состояния Change from liquid to viscous state
Запах Smell	Сохраняет запах облепихи Keeps the smell of sea buckthorn	Сохраняет легкий запах лимона Retains the faint smell of lemon	Сохраняет запах цикория с апельсином Keeps the smell of chicory with orange
Прозрачность Transparency	Непрозрачный Opaque	Непрозрачный Opaque	Полупрозрачный Translucent
Вкус Taste	Сохраняет вкусовые значения облепихи Preserves the taste values of sea buckthorn	Сохраняет вкусовые значения топинамбура с добавлением лимона Retains the taste of Jerusalem artichoke with lemon	Сохраняет вкусовые значения цикория с апельсином Preserves the taste values of chicory with orange
Пенообразование Foam generation	Наблюдается процесс вспенивания. Пенообразование имеет не стабильный характер, в течение 4-5 секунд пропадает There is a process of foaming. Foam has an unstable character, within 4-5 seconds disappears.		

Заключение

Основываясь на результатах исследований, авторами разработаны и предлагаются коллагенсодержащие напитки ОблиКолл (с отваром с мякотью из облепихи), ЦикоКолл (с настойкой с порошком из сушеного корня

цикория) и ТопиКолл (с отваром с мякотью из топинамбура).

Положительной оказалась лабораторно-опытная апробация новой продукции, отличающейся высоким содержанием белков и хорошими потребительскими свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1 Антипова Л.В., Сторублевцев С.А. Коллагены: источники, свойства, применение. Воронеж: ВГУИТ, 2014. 512 с.

2 Антипова Л.В., Болгова С.Б. Коллаген рыбного происхождения: свойства и перспективы применения в косметологии и медицине // Материалы 19-ой Международной Пушкинской школы-конференции молодых ученых «Биология – наука XXI века». Пушино, 2015. С. 5.

3 Батечко С.А., Ледзевиров А.М. Коллаген. Новая стратегия сохранения здоровья и продления молодости. Колечково, 2010. 244 с.

4 Болгова С.Б. Рыбные коллагены: получение, свойства и применение. Воронеж, 2015. 159 с.

5 Вьютнова О. М. Селекция корневого цикория на урожайность и качество. М., 2011. 164 с.

6 Пат. 2501812 РФ:МПК:С08В37/08, А61К35/60, А61К38/39, С12N9/14 Способ комплексной переработки рыбного сырья для получения гиалуроновой кислоты и коллагена / Антипова Л.В., Хаустова Г.А. Заявл. 07.02.2012; Опубл. 20.12.2013.

7 Тимофеева В.Н. Биохимическая характеристика и промышленное использование культурных сортов облепихи. М., 2003. 172 с.

8 Ходырева О.Е. Совершенствование технологии обогащенных творожных изделий с использованием пасты из топинамбура. Воронеж, 2017. 160 с.

9 Aberoumand A. Isolation and characteristics of collagen from fish waste material // World Journal of Fish and Marine Sciences. 2010. № 2(5). P. 471-474

10 Hema G.S., Shyni K., Suseela M., Anandan R. et al. A simple method for isolation of fish skin collagen-biochemical characterization of skin collagen extracted from Albacore Tuna (*Thunnus Alalunga*), Dog Shark (*Scoliodon Sorrakowah*), and Rohu (*Labeo Rohita*) // Annals of Biological Research. 2013. № 4 (1). P. 271-278

11 Huda N., Seow E.K., Normawati M.N., Aisyah N.M.N. Effect of duck feet collagen addition on physicochemical properties of surimi // International Food Research Journal. 2013. № 20 (2). P. 537-544.

12 Wang S., Hou H., Hou J., Tao Y. et al. Characterization of acid-soluble collagen from bone of pacific cod (*Gadus macrocephalus*) // Journal of Aquatic Food Product Technology. 2013. № 22 (4). P. 407-420.

REFERENCES

1 Antipova L. V., Storublevtsev S. A. Kollageny: istochniki, svoystva, primeneniye [Collagen: sources, properties, application] Voronezh, VGUET, 2014. 512 p. (in Russian)

2 Antipova L. V., Bolgova S. V. Collagen of fish origin: the prospects of application in medicine and cosmetology. Materialy 19 oj Mezhdunarodnoj Pushchinskoj shkoly-konferencii molodyh uchenyh «Biologiya – nauka XXI veka». [Materials of the 19th international Pushcha school-conference of young scientists "Biology of the XXI century"] Pushchino, 2015. pp. 5. (in Russian)

3 Batechko S. A., A. M. Lezunov Collagen. Kollagen. Novaya strategiya sohraneniya zdorov'ya i prodleniya molodosti. [A new strategy for maintaining health and extending youth] Koleczkowo, 2010. 244 p. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Людмила В. Антипова д.т.н., профессор, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, antipova.l54@yandex.ru

Станислав А. Сторублевцев к.т.н., доцент, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, c11111983@yandex.ru

Анастасия А. Гетманова магистр, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, anastolievna_93@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Людмила В. Антипова предложила методику проведения эксперимента

Станислав А. Сторублевцев написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Анастасия А. Гетманова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 13.06.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 29.08.2018

4 Bolgov, S. B. Rybnye kollageny: polucheniye, svoystva i primeneniye [Fish collagen: production, properties and application] Voronezh, 2015. 159 p. (in Russian)

5 Vutova O. M. Selekcija kornevogo cikoriya na urozhajnost' i kachestvo [Breeding of root chicory yield and quality] Moscow, 2011. 164 p. (in Russian)

6 Antipova L. V., Khaustova A. G. Sposob kompleksnoj pererabotki rybnogo syr'ya dlya polucheniya gialuronovoj kisloty i kollagena [Method of integrated processing of fish raw material for obtaining hyaluronic acid and collagen] Patent RF, no. 2501812, 2013 (in Russian)

7 Timofeeva V. N. Biohimicheskaya harakteristika i promyshlennoe ispol'zovanie kul'turnyh sortov oblepihi [Biochemical characteristics and industrial use of cultivated sea buckthorn varieties] Moscow, 2003. 172 p. (in Russian)

8 Khodyreva O. E. Sovershenstvovanie tekhnologii obogashchennyh tvorozhnyh izdelij s ispol'zovaniem pasty iz topinambura. [Improvement of technology of the enriched curd products with use of paste from Jerusalem artichoke] Voronezh, 2017. 160 p. (in Russian)

9 Aberoumand A. Isolation and characteristics of collagen from fish waste material. World Journal of Fish and Marine Sciences. 2010. no. 2(5). pp. 471-474

10 Hema G.S., Shyni K., Suseela M., Anandan R. et al. A simple method for isolation of fish skin collagen-biochemical characterization of skin collagen extracted from Albacore Tuna (*Thunnus Alalunga*), Dog Shark (*Scoliodon Sorrakowah*), and Rohu (*Labeo Rohita*). Annals of Biological Research. 2013. no. 4 (1). pp. 271-278

11 Huda N., Seow E.K., Normawati M.N., Aisyah N.M.N. Effect of duck feet collagen addition on physicochemical properties of surimi. International Food Research Journal. 2013. no. 20 (2). pp. 537-544.

12 Wang S., Hou H., Hou J., Tao Y. et al. Characterization of acid-soluble collagen from bone of pacific cod (*Gadus macrocephalus*). Journal of Aquatic Food Product Technology. 2013. no. 22 (4). pp. 407-420.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Lyudmila V. Antipova Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of animal products department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, antipova.l54@yandex.ru

Stanislav A. Storublevtsev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology of animal products department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, c11111983@yandex.ru

Anastasiya A. Getmanova master student, technology of animal products department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, anastolievna_93@mail.ru

CONTRIBUTION

Lyudmila V. Antipova proposed a scheme of the experiment

Stanislav A. Storublevtsev wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Anastasiya A. Getmanova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 6.13.2018

ACCEPTED 8.29.2018

Сравнительное исследование антиоксидантной активности популярных марок чая из торговых сетей

Динара Ф. Валиулина¹ dinara-bakieva@mail.ru
Надежда В. Макарова¹ makarovnv1969@yandex.ru

¹ Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская 244, г. Самара, 443100, Россия

Реферат. Чай является традиционным напитком, содержащим антиоксиданты фенольной природы и другие фитонутриенты. В данном исследовании было проанализировано 17 видов чаев в пакетиках. Экстракцию фенольных веществ и флавоноидов проводили 50% этанолом, после чего определяли содержание фенольных веществ, флавоноидов, антирадикальную активность по методу DPPH, восстанавливающую способность по методу FRAP. Полученные результаты свидетельствуют о высоком потенциале определенных видов чая блокировать свободные радикалы в модельных экспериментах in vitro благодаря наличию фенольных веществ (1086–1277 мг галловой кислоты/100 г сырья). Наибольшей антирадикальной активностью среди изученных объектов отличаются чаи фирмы GreenField – 0,33 и 0,34 мг/мл (концентрация экстракта, необходимая для связывания 50% радикалов DPPH в растворе, – 1 мг/мл). По способности проявлять восстанавливающую способность в отношении ионов железа значительно отличается Черный Curtis и черный Цветущий Тимьян (21,96 и 19,44 ммоль Fe²⁺/1 кг сырья). Исследования антиоксидантной активности in vitro представленных объектов выявили группу объектов, содержащую фенольные вещества, флавоноиды, которые в модельных экспериментах in vitro обладают высокими противорадикальными, противокислительными и восстанавливающими свойствами.

Ключевые слова: чай, фенольные вещества, флавоноиды, антиоксидантная активность, окислительный стресс

Comparative study of the antioxidant activity of popular tea brands from trade market

Dinara F. Valiulina¹ dinara-bakieva@mail.ru
Nadezhda V. Makarova¹ makarovnv1969@yandex.ru

¹ Samara State Technical university, Molodogvardskaya str., 244, Samara, 443100, Russia

Summary. Tea is a traditional drink containing antioxidants of phenolic nature and other phytonutrients. 17 kinds of tea in bags were analysed. Extraction of phenolic substances and flavonoids was carried out with 50% ethanol, after which the content of phenolic substances, flavonoids, antiradical activity by the DPPH method, restoring ability by the FRAP method were determined. The obtained results testify the high potential of certain types of tea to block free radicals in model experiments in vitro due to the presence of phenolic substances (1086–1277 mg of gallic acid / 100 g of raw material). The most anti-radical activity among the studied objects belongs to GreenField teas – 0.33 and 0.34 mg / ml (the concentration of extract required to bind 50% of the DPPH radicals in the solution is 1 mg / ml). The ability to express a reducing ability for iron ions significantly distinguishes Black Curtis and Black Blooming Thyme (21.96 and 19.44 mmol Fe²⁺ / 1 kg of raw material). Study of antioxidant activity in vitro of the presented objects revealed a group of objects containing phenolic substances, flavonoids, which in the model experiments in vitro possess high anti-radical, antioxidant and reducing properties.

Keywords: tea, phenolic substances, flavonoids, antioxidant activity, oxidative stress

Введение

Чай и напитки на его основе во всем мире стали одними из важнейших продуктов [1]. Их популярность значительно возросла благодаря стимулирующим и целебным свойствам этих напитков. Практически в каждой этнической группе распространен какой-либо вариант чая.

Чаи традиционно употребляли ради конкретной пользы для здоровья. Люди давно поняли, что напитки на основе чая способствуют улучшению здоровья и в некоторых случаях снимают воспаления и головную боль. Хотя чай употребляется уже веками, лишь в последние несколько десятилетий началось научное изучение его свойств.

Так, в совместной работе российских и американских ученых [2] приведены результаты исследования образцов чая разных марок, производителей, стран выращивания исходного сырья, которые относятся к 4 типам чая: зеленому, oolong, черному, Pu-erh. С помощью методов жидкостной хроматографии в образцах чая было определено как общее содержание полифенолов, катехинов, флавоноидов, так и индивидуальных соединений: эпигаллонакатехина, эпикатехина, катехина, эпигаллокатехингаллата, эпикатехингаллата, теафлавина, теафлавин-3-галлата, теафлавин-3'-галлата, теафлавин-3,3'-дигаллата, кофеина. Также амперометрическим методом была определена общая антиоксидантная активность. Невозможно определить какой-либо

Для цитирования

Валиулина Д.Ф., Макарова Н.В. Сравнительное исследование антиоксидантной активности популярных марок чая из торговых сетей // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 104–110. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-104-110

For citation

Valiulina D.F., Makarova N.V. Comparative study of the antioxidant activity of popular tea brands from trade market. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 104–110. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-104-110

вид чая как имеющий высокие показатели антиоксидантной активности. Уровень изученных показателей в наибольшей степени определяется маркой чая.

В другой работе [3] в качестве объектов исследования были выбраны 25 клонов Кенийского чая. Из исходного сырья получены как черный, так и зеленый чай. Для образцов чая изучен методом ВЭЖХ индивидуальный химический состав и антирадикальная активность с реактивом 2,2-дифенил-1-пикрилгидразилом. Результаты работы позволяют сделать интересные выводы: наблюдаются существенные различия в содержании индивидуальных соединений: катехина, галловой кислоты, теафлавина и т. д. При этом различия в уровне показателей для зеленого и черного чая, а также для различных клонов не имеют столь существенных отличий. Например, показатель антиоксидантной активности для зеленого и черного чая клона TRFK 301/4 89,90 и 87,55, тогда как содержание галловой кислоты 1,075 и 0,1350, соответственно.

Две популярные марки чая Lipton и Rabea, купленные в супермаркетах Саудовской Аравии, стали объектами исследования [4] общего содержания фенолов и антиоксидантной активности по нескольким методам: восстанавливающей силе с ферроцианидином калия, хелирующей активности, антирадикальной активности с 2,2-дифенил-1-пикрилгидразилом, улавливающие пероксид водорода. Для обеих марок чая получены весьма схожие результаты.

Абсолютно другие результаты получены испанскими учеными [5]. Для 40 образцов зеленого и черного чаев разных марок, разных фирм производителей, разных стран происхождения было определено общее содержание фенолов, антиоксидантная и антирадикальная активности. Полученные уровни показателей отличаются как для разных видов чая (зеленый и черный), но и для разных марок внутри одного вида чая в десятки раз. Но все же в целом зеленый чай имеет более высокие значения показателей.

Российские ученые также отмечают высокое содержание в чае таких классов соединений как флаваноны [10], флавонолы и флавоны [11], которые способны проявлять не только антиоксидантные, но и противовоспалительные, антипролиферативные, иммуномодулирующее, антиканцерогенное действие и уменьшить риск возникновения ряда хронических заболеваний: сердечнососудистых, нейродегенеративных и др. А опыты на крысах по выполнению в их рацион экстрактов зеленого чая показали, что при этом увеличивается антиоксидантная активность плазмы крови и печени и повышается стабильность мембран микросом и лизосом [12].

Таким образом, анализ литературных данных убедительно доказывает, что исследования химического состава и антиоксидантной активности приведены только для марок чая, продаваемых в иностранных супермаркетах.

Мировой рынок чая очень быстро развивается и расширяется. По мере растущей популярности благодаря различным оздоровительным журналам и коммерческой рекламе быстро увеличивается число продуктов на основе чая и сопутствующих его потреблению [1]. Это потребовало увеличения доступности чая для потребителей и заставило промышленность искать более удобные способы его потребления.

Именно чай в пакетах имеет большую популярность среди потребителей. Однако, среди ряда потребителей существует предубеждение против чая в пакетиках, которое основано на следующих положениях:

- 1) чай в пакетиках – это не настоящий чай, а просто другое сухое растительное сырье;
- 2) в чай в пакетиках добавлены искусственные ароматизаторы и красители чая;
- 3) от чая в пакетиках нет никакой пользы, а его популярность объясняется только удобством заваривания.

Цель работы – сравнительный анализ химического состава и антиоксидантной активности наиболее популярных среди российских потребителей марок чая в пакетиках.

Материалы и методы

Объектами исследования были восемь марок черного чая: Lipton, Greenfield, AKBAR, Майский, Dilmah, Richard, Riston, Bernley и 4 марки зеленого чая: Молочный улун «gr@ce», Greenfield, TESS, Bestseller.

В качестве методов исследования были выбраны анализы на содержание общего количества фенольных соединений по содержанию галловой кислоты, флавоноидов по содержанию катехинов, антирадикальную способность с использованием свободного радикала DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразила), восстанавливающую силу по методу FRAP (ferric reducing antioxidant power).

Основной методикой для определения фенольных веществ во фруктовых соках и напитках является спектрофотометрический метод с реактивом Folin-Ciocalteu [6]. Содержание флавоноидов определяют нитроалюминиевым колориметрическим методом, при котором нитрат алюминия взаимодействует с кетогруппой флавоноидов, образуя стабильный кислотный комплекс, показывающий устойчивую спектрально-поглощательную способность при 510 нм [7].

Одним из способов оценки антиоксидантной активности является колориметрия свободных радикалов. Данный метод основан на реакции DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразила),

растворенного в этаноле, с образцом антиоксиданта, содержащегося в яблочном экстракте [8].

Метод определения железовосстанавливающей (антиоксидантной) способности основан на реакции восстановления комплекса Fe(III)-2,4,6-трипиридил-*s*-триазиона до комплекса Fe(II)-2,4,6-трипиридил-*s*-триазиона, которое имеет

ярко-синее окрашивание и полосу поглощения при $\lambda = 593$ нм [9].

Результаты и обсуждение

При изучении общего содержания фенолов по методу Folin-Chiocolteu были получены данные, представленные на рисунке 1.

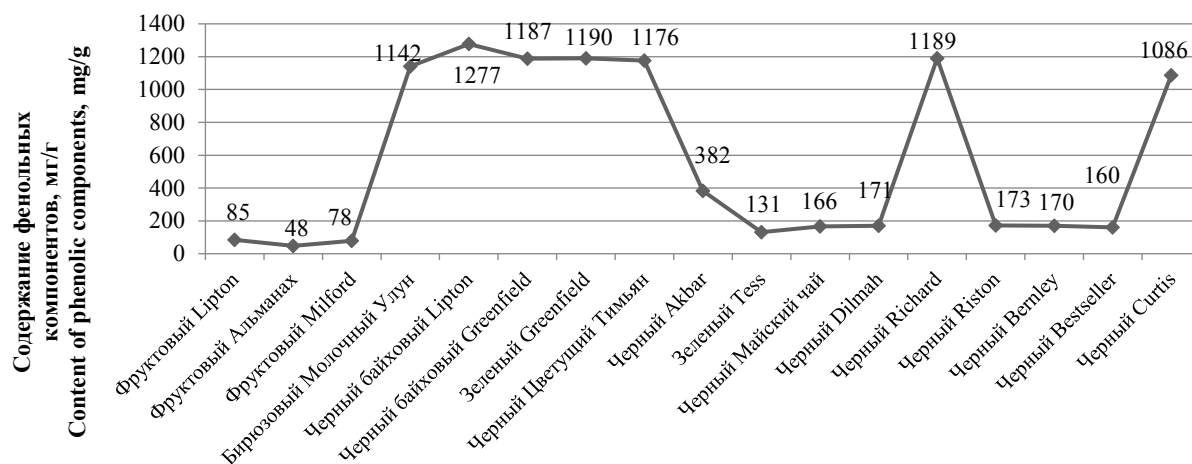


Рисунок 1. Общее содержание фенольных веществ

Figure 1. The total content of phenolic compounds

Полученные результаты являются очень неоднозначными. Именно содержание фенолов по мнению многих исследователей определяют уровень антиоксидантной активности. Однако, показатели содержания фенолов для разных марок чая различаются более чем в 10 раз. Так, лидерами по данным показателям логично считать: Бирюзовый Молочный Улун, черный байховый Lipton, Greenfield, Цветущий Тимьян, черный Richard, Curtis, зеленый Greenfield.

Тогда как другие марки чая в том числе фруктовые чаи имеют в основном показатель общего

содержания фенолов ниже 200 мг галловой кислоты на 100 г исходного сырья.

Именно чай считается [10, 11] основным источником соединений, входящих в класс флавоноидов. Но для некоторых марок чая этот показатель имеет очень низкие значения – это все фруктовые чаи Lipton, Альманах, Milford, черный Akbar, Майский чай, Dilmah, Riston, Bernley, зеленый Tess, Bestseller. На рисунке 2 представлены данные по общему содержанию флавоноидов.

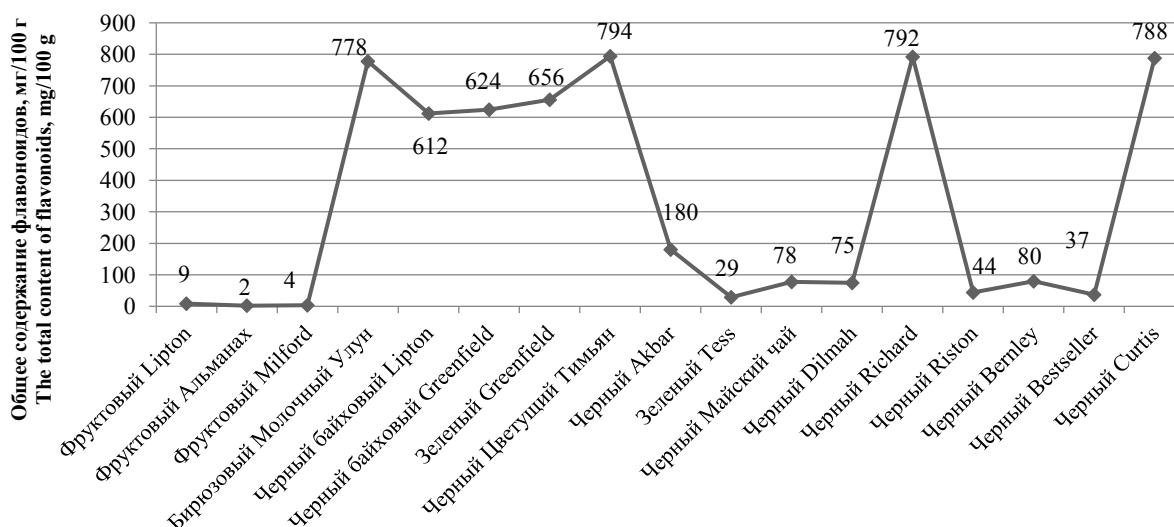


Рисунок 2. Сравнительный анализ общего содержания флавоноидов

Figure 2. Comparative analysis of total flavonoid content

В совокупности с данными по фенолам можно констатировать, что по содержанию фенолов и флавоноидов все чаи разделились на 2 группы. В первой оказались чаи с высокими значениями фенолов (1086–1277 мг галловой кислоты на 100 г исходного сырья) и флавоноидов (612–794 мг галловой кислоты на 100 г исходного сырья). Во вторую группу наоборот вышли чаи с низкими показателями как фенолов (48–382 мг галловой кислоты на 100 г исходного сырья) и флавоноидов (2–180 мг катехина на 100 г исходного сырья).

Существует несколько методов определения антирадикальной активности. Антирадикальная

активность характеризует: насколько данное растительное сырье способно улавливать свободные радикалы. Большинство реакционно-способных соединений, вызывающих разрушение и мутации клеток, относится к свободным радикалам. Именно метод со свободным радикалом 2,2-дифенил-1-пикрилгидразилом считается одним из самых распространенных и самым изученным [13]. Результаты исследования антирадикальной активности для чая представлены на рисунке 3 и выражены в показателе E_{c50} – концентрация экстракта чая, необходимая для улавливания 50%: свободных радикалов 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила.

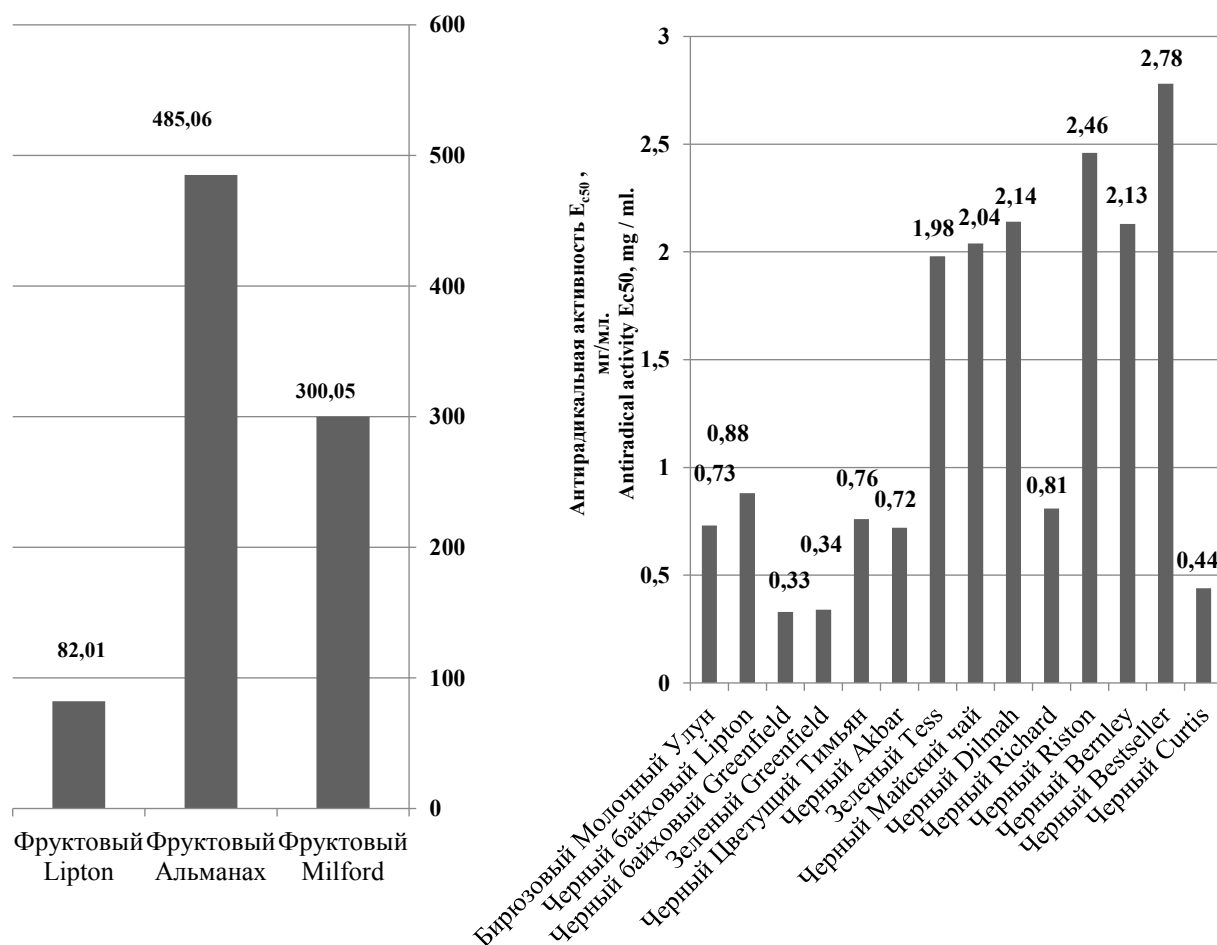


Рисунок 3. Результаты определения антиоксидантной активности по методу DPPH

Figure 3. The results of determination of antioxidant activity by DPPH method

Чем ниже значение этого показателя, тем выше антирадикальная активность. Здесь можно выделить три группы чаев. В первой группе находятся чаи с показателями 0,88–0,33 мг/см³ – бирюзовый Молочный Улун, черный байховый Lipton, Greenfield, зеленый Greenfield, черный Цветущий Тимьян, Akbar, Richard, Curtis. Во вторую группу входят чай

со средними показателями 2,78–1,98 мг/см³ – это зеленый Tess, черный Майский чай, Dilmah, Riston, Bernley, зеленый Bestseller. В третью группу входят все фруктовые чаи с высокими показателями 485,06–82,01 мг/см³.

На рисунке 4 представлены данные изучения восстанавливающей силы по методу FRAP.

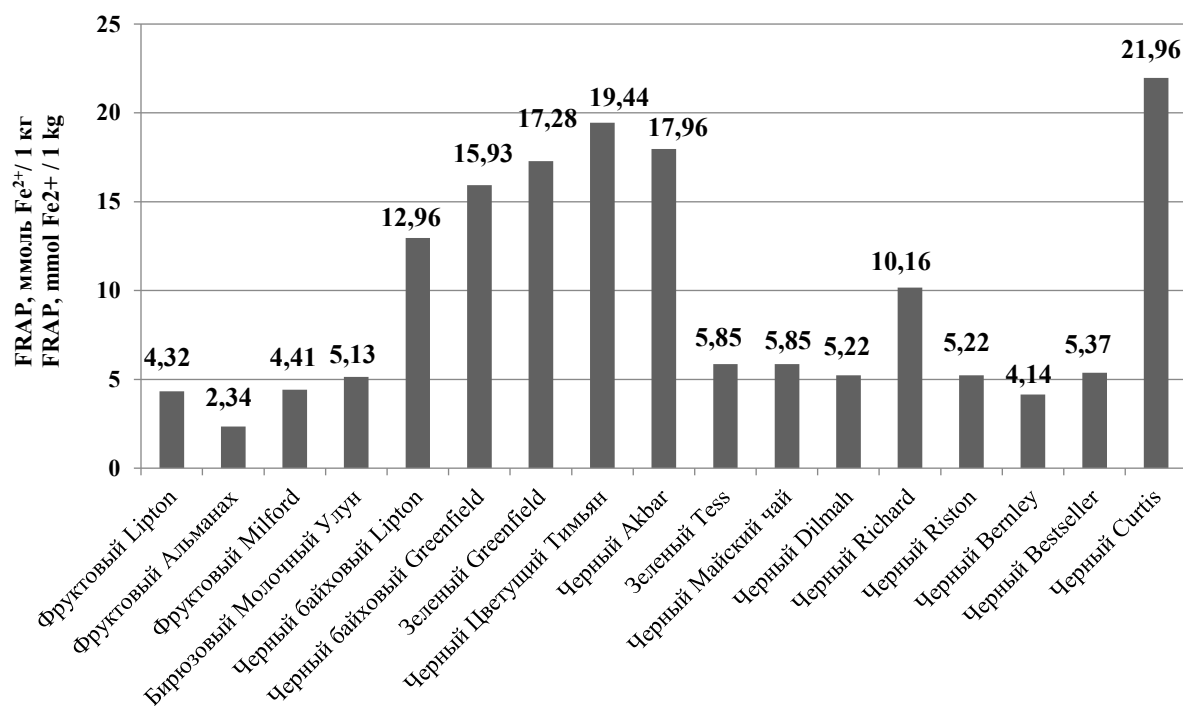


Рисунок 4. Изучение восстанавливающей силы методом FRAP

Figure 4. Study of the reducing force by the FRAP method

Определение восстанавливающей силы по методу FRAP – это важный метод, характеризующий способность растительного сырья нейтрализовать действие ионов Fe²⁺. Этот ион является катализатором многих процессов окисления. Поэтому нейтрализация действия этих ионов является важным свойством антиоксидантов. Все исследованные марки чаев проявляют восстанавливающие свойства, но уровень этого показателя очень различен. Так, например, в группу с низкими показателями традиционно входят фруктовые чаи, бирюзовый Молочный Улун, зеленый TESS, черный Майский чай, Dilmah, Riston, Bernley, зеленый Bestseller. Все чаи с высокими показателями по восстанавливающей силе (ммоль Fe²⁺/1 кг исходного сырья) можно расположить в ряд по убыванию: черный Curtis > черный Цветущий Тимьян > черный Akbar > зеленый Greenfield > черный байховый Greenfield > черный байховый Lipton > черный Richard.

Анализ современных литературных данных показывает, что экспериментальные исследования подтверждает репутацию чая, как пищевого продукта с различными аспектами биологической активности: антиканцерогенной, антидиабетической, антиоксидантной, антигипертензивной, антидепрессивной и антибактериальной [13, 14].

Причем особый интерес представляет изучение антиканцерогенных, антимутагенных свойств чая [15, 16]. Некоторые ученые находят прямую связь между антиканцерогенным и антиоксидантным действием для чая [17].

Заключение

В связи с этим на основании результатов наших исследований можно сделать ряд рекомендаций:

1) весьма распространенным мнением среди потребителей является преимущество зеленого чая перед другими группами чаев. По результатам наших исследований среди 17 видов чая в пакетиках зеленый чай не имеет особых преимуществ в уровне изученных показателей;

2) все три вида фруктового чая в пакетиках являются очень слабыми антиоксидантами;

3) интересно отметить, что все исследованные виды чаев в пакетиках можно разделить на две резко полярные группы: с высокими и низкими показателями.

Практически каждая российская семья широко использует чай в рационе питания. Но столь широкая популярность должна быть побуждающим фактором к серьезному подходу к выбору марки чая.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Пакен П. Функциональные напитки и напитки специального назначения. СПб.: Профессия, 2010. 496 с.
- 2 Yashin A., Yashin Y., Nemzer B. Determination of Antioxidant Activity in Tea Extracts, and Their Total Antioxidant Content // American Journal of Biomedical Sciences. 2011. V. 3(4). P. 322–335
- 3 Karori S.M., Wachira F.N., Ngure R.M., Mireji P.O. Polyphenolic composition and antioxidant activity of Kenyan Tea cultivars // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2014. V. 3 (4). P. 105–116.
- 4 Omar U.M., Shorbaji A.M., Arrait E.M., Al-Agha T.D. et al. Comparative Study of the Antioxidant Activity of Two Popular Green Tea Beverages Available in the Local Market of Saudi Arabia // Natural Science. 2016. V. 8. P. 227–234.
- 5 Tejero J., Gayoso S., Caro I., Cordoba-Diaz D. et al. Comparative Analysis of the Antioxidant and Free-Radical Scavenging Activities of Different Water-Soluble Extracts of Green, Black and Oolong Tea Samples // Food and Nutrition Sciences. 2014. V. 5. P. 2157–2166.
- 6 Aljadi A.M., Kamaruddin M.Y. Evaluation of the phenolic contents and antioxidant capacities of two Malaysian floral honeys // Food Chemistry. 2004. V. 85. № 4. P. 513–518.
- 7 Wu L.C., Hsu H.W., Chen Y.C., Chiu C.C. et al. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya // Food Chemistry. V. 95. P. 319–327.
- 8 Sun T., Powers J.R., Tang J. Evaluation of the antioxidant activity of asparagus, broccoli and their juices // Food Chemistry. 2007. V. 105. № 1. P. 101–106.
- 9 Mohammadzadeh S., Sharriatpanahi M., Hamedi M., Amanzadeh Y. et al. Antioxidant power of Iranian propolis extract // Food Chemistry. 2007. V. 103. № 3. P. 729–733.
- 10 Тутельян В.А., Лашнева Н.В. Биологически активные вещества растительного происхождения. Флаваноны: пищевые источники, биодоступность, влияние на ферменты метаболизма ксенобиотиков // Вопросы питания. 2011. № 5. С. 3–8.
- 11 Тутельян В.А., Лашнева Н.В. Биологически активные вещества растительного происхождения. Флаванолы и флавоны: распространенность, пищевые источники, потребление // Вопросы питания. 2013. № 1. С. 4–22.
- 12 Тутельян В.А., Лашнева Н.В., Кравченко Л.В., Трусов Н.В. и др. Влияние экстракта зеленого чая и его компонентов на антиоксидантный статус и активность ферментов метаболизма ксенобиотиков у крыс // Вопросы питания. 2011. № 2. С. 9–15.
- 13 Rani R., Nagpal D., Gullaiyua S., Madan S. et al. Pharmacological and Beneficial Effects of Green Tea // International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research. 2014. V. 6 (3). P. 420–426.
- 14 Ur Rashid M.M., Sayeed M.A., Hassan M.M., Jainul M.A. Antidepressant and Antibacterial Activities of Camellia sinensis (White Tea) // e-Journal of Science & Technology. 2013. V. 8 (4). P. 39–46.
- 15 Kobalka A.J., Keck R.W., Jankun J. Synergistic anticancer activity of biological from green and black tea on DU 145 human prostate cancer cells // Experimental immunology. 2015. V. 40 (1). P. 1–4.
- 16 Mbutia K., Wachira F., Ngure R., Mireji P. et al. Antimutagenic effect of Kenian Tea cultivars in a bacterial test system // The Pharma Innovation. 2014. Vol. 3 (8). P. 94–100.
- 17 Alappat B., Sarna J.A., Truong C. Anticancer and Antioxidant Properties of Flavored Green Tea Extracts // Journal of Agriculture and Life Sciences. 2015. V. 2 (1). P. 15–24.

REFERENCES

- 1 Paquin P. Functional and speciality beverage technology. Boca Raton, Boston, New York, Washington: CRC Press, 2009.
- 2 Yashin A., Yashin Y., Nemzer B. Determination of Antioxidant Activity in Tea Extracts, and Their Total Antioxidant Content. American Journal of Biomedical Sciences. 2011. vol. 3(4). pp. 322–335
- 3 Karori S.M., Wachira F.N., Ngure R.M., Mireji P.O. Polyphenolic composition and antioxidant activity of Kenyan Tea cultivars. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2014. vol. 3 (4). pp. 105–116.
- 4 Omar U.M., Shorbaji A.M., Arrait E.M., Al-Agha T.D. et al. Comparative Study of the Antioxidant Activity of Two Popular Green Tea Beverages Available in the Local Market of Saudi Arabia. Natural Science. 2016. vol. 8. pp. 227–234.
- 5 Tejero J., Gayoso S., Caro I., Cordoba-Diaz D. et al. Comparative Analysis of the Antioxidant and Free-Radical Scavenging Activities of Different Water-Soluble Extracts of Green, Black and Oolong Tea Samples. Food and Nutrition Sciences. 2014. vol. 5. pp. 2157–2166.
- 6 Aljadi A.M., Kamaruddin M.Y. Evaluation of the phenolic contents and antioxidant capacities of two Malaysian floral honeys. Food Chemistry. 2004. vol. 85. no. 4. pp. 513–518.
- 7 Wu L.C., Hsu H.W., Chen Y.C., Chiu C.C. et al. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. Food Chemistry. vol. 95. pp. 319–327.
- 8 Sun T., Powers J.R., Tang J. Evaluation of the antioxidant activity of asparagus, broccoli and their juices. Food Chemistry. 2007. vol. 105. no. 1. pp. 101–106.
- 9 Mohammadzadeh S., Sharriatpanahi M., Hamedi M., Amanzadeh Y. et al. Antioxidant power of Iranian propolis extract. Food Chemistry. 2007. vol. 103. no. 3. pp. 729–733.
- 10 Tutelyan V.A., Laschneva N.V. Biologically active substances of vegetable origin. Flavanons: food sources, biodection, influence on the metabolism enzymes of xenobiotics. *Voprosy pitaniya* [Nutrition issues] 2011. no. 5. pp. 3–8. (in Russian)
- 11 Tutelyan V.A., Laschneva N.V. Biologically active substances of vegetable origin. Flavanols and flavones: prevalence, food sources, consumption *Voprosy pitaniya* [Nutrition issues] 2013. no. 1. pp. 4–22. (in Russian)
- 12 Tutelyan V.A., Laschneva N.V., Kravchenko L.V., Trusov N.V. et al. Influence of the extract of green tea and its components on the antioxidant status and activity of enzymes of xenobiotics metabolism in rats *Voprosy pitaniya* [Nutrition issues]. 2011. no. 2. pp. 9–15 (in Russian)
- 13 Rani R., Nagpal D., Gullaiyua S., Madan S., Agrawal S.S. Phytochemical, Pharmacological and Beneficial Effects of Green Tea. International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research. 2014. vol. 6 (3). pp. 420–426.

14 Ur Rashid M.M., Sayeed M.A., Hassan M.M., JainulM.A., Azam S., Rahman M.M. Antidepressant and Antibacterial Activities of Camellia sinensis(White Tea). e-Journal of Science & Technology. 2013. vol. 8 (4). pp. 39–46.

15 Kobalka A.J., Keck R.W., Jankun J. Synergistic anticancer activity of biological from green and black tea on DU 145 human prostate cancer cells. Experimental immunology. 2015. vol. 40 (1). pp. 1–4.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Динара Ф. Валиулина к.т.н., доцент, кафедра , Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская 244, г. Самара, 443100, Россия, dinara-bakieva@mail.ru

Надежда В. Макарова д.х.н., профессор, кафедра , Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская 244, г. Самара, 443100, Россия, makarovnv1969@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Динара Ф. Валиулина написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Надежда В. Макарова консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 07.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 02.04.2018

16 Mbuthia K., Wachira F., Ngure R., Mireji P., Wachira S. Antimutagenic effect of Kenian Tea cultivars in a bacterial test system. The Pharma Innovation. 2014. vol. 3 (8). pp. 94–100.

17 Alappat B., SarnaJ.A., Truong C. Anticancer and Antioxidant Properties of Flavored Green Tea Extracts // Journal of Agriculture and Life Sciences. 2015. vol. 2 (1). pp. 15–24..

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Dinara F. Valiulina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, department, Samara State Technical university, Molodogvardiis'ka str., 224, Samara, 443100, Russia, dinara-bakieva@mail.ru

Nadezhda V. Makarova Dr. Sci. (Engin.), professor, department, Samara State Technical university, Molodogvardiis'ka str., 224, Samara, 443100, Russia, makarovnv1969@yandex.ru

CONTRIBUTION

Dinara F. Valiulina wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Nadezhda V. Makarova consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.7.2018

ACCEPTED 4.2.2018

Купажированные плодовоовощные соки на основе мелкоплодных яблок, тыквы, рябины и меда

Андрей С. Овчаренко¹ rregensburg@rambler.ru
 Елена А. Расулова¹ krasniptig75@yandex.ru
 Ольга В. Иванова¹ krasniptig75@yandex.ru
 Надежда А. Величко¹ krasniptig75@yandex.ru

¹ Красноярский научно-исследовательский институт животноводства, пр-т. Мира, 66, г. Красноярск, 660049, Россия

Реферат. Здоровье и продолжительность жизни человека в значительной степени связаны с качеством продуктов питания. Недостаточное количество биологически активных веществ (БАВ) в рационе может привести к развитию алиментарных заболеваний таких как сахарный диабет, рак, болезни сердечно-сосудистой системы. В их основе лежит окислительный стресс вызывающий развитие воспаления. Природные антиоксиданты растительного происхождения – полифенолы и каротиноиды снижают риск развития этих заболеваний. Для создания купажированных соков функциональной направленности предложено использовать плодовоовощное сырье содержащие высокие концентрации этих соединений. Рябина и мелкоплодные сибирские яблоки богаты флавоноидами и гидроксициническими кислотами, тыква – каротиноидами. Мед обогащает вкус напитка. На основе этих компонентов создавались рецептуры купажированных плодовоовощных соков с добавлением меда. В работе использовались утвержденные нормативно-технической документацией методы исследований органолептических, физико-химических и микробиологических показателей. Рассмотрены 4 композиции различающиеся по соотношению ингредиентов. По результатам органолептической оценки была выбрана рецептура сока, включающая в расчете на 1 л, 450 мл сока из мелкоплодных яблок, 400 мл сока из тыквы, 100 мл сиропа из рябины, 25 мл меда и 25 мл воды. Определены основные физико-химические показатели сока: массовая доля растворимых сухих веществ – 16,0%, массовая доля мякоти – 4,5%, массовая доля сахара – 36,3%, массовая доля титруемых кислот в пересчете на яблочную кислоту – 0,45%, pH – 3,7. Проведены исследования микробиологической безопасности. Опытный образец сока соответствует показателям промышленной стерильности и нормативно-технической документации.

Ключевые слова: мелкоплодные яблоки, тыква, рябина, мед, купажированный сок, полифенолы, каротиноиды

Blended fruit and vegetable juices based on small-fruited apples, pumpkin, mountain ash and honey

Andrey S. Ovcharenko¹ rregensburg@rambler.ru
 Elena A. Rasulova¹ krasniptig75@yandex.ru
 Olga V. Ivanova¹ krasniptig75@yandex.ru
 Nadezhda A. Velichko¹ krasniptig75@yandex.ru

¹ Krasnoyarsk Scientific-Research Institute of Animal Husbandry, Mira av., 66, Krasnoyarsk, 660049, Russia

Summary. Health and life expectancy of a person are largely related to the quality of food. Insufficient amount of biologically active substances (BAS) in the diet can lead to the development of alimentary diseases such as diabetes, cancer, diseases of the cardiovascular system. They are based on oxidative stress causing the development of inflammation. Natural antioxidants of plant origin – polyphenols and carotenoids reduce the risk of these diseases. To create blended juices of functional orientation, fruit and vegetable raw materials containing high concentrations of these compounds is suggested to use. Mountain ash and small-fruited Siberian apples are rich in flavonoids and hydroxycinnamic acids, pumpkin – carotenoids. Honey enriches the taste of the drink. Based on these components, recipes of blended fruit and vegetable juices with honey were created. Methods of research of organoleptic, physico-chemical and microbiological parameters, approved by normative and technical documentation, were used in the work. Four compositions that differ in the ratio of the ingredients were considered. According to the results of the organoleptic evaluation, the juice formulation was chosen, including 450 ml of juice of small-fruited apples, 400 ml of pumpkin juice, 100 ml of mountain ash syrup, 25 ml of honey and 25 ml of water on 1 liter juice. The main physicochemical indicators of the juice are determined: the mass fraction of soluble solids was 16.0%, the mass fraction of pulp was 4.5%, the mass fraction of sugar was 36.3%, the mass fraction of titrated acids in terms of malic acid was 0.45 %, pH was 3.7. Studies of microbiological safety were carried out. The check sample of juice corresponds to the industrial sterility indicators and regulatory and technical documentation.

Keywords: small-fruited apples, pumpkin, mountain ash, honey, blended juice, polyphenols, carotenoids

Введение

Качество питания является одним из основных факторов, влияющих на состояние здоровья и продолжительность жизни человека. В условиях прогрессирующего экологического кризиса, растущем загрязнении окружающей среды, возрастает негативное влияние на организм токсичных веществ и мутагенов, снижающих иммунитет, способствующих возникновению и

развитию тяжелых заболеваний, канцерогенезу. В основе этих процессов лежит оксидативный стресс, возникающий при избыточном образовании активных форм кислорода в клетке, ведущий к повреждению ее важнейших компонентов – белков, липидов и нуклеиновых кислот, вызывающий воспаление, лежащее в основе хронических заболеваний. В норме процесс контролируется антиоксидантной системой, состоящей из нескольких

Для цитирования

Овчаренко А.С., Расулова Е.А., Иванова О.В., Величко Н.А. Купажированные плодовоовощные соки на основе мелкоплодных яблок, тыквы, рябины и меда // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 111–115. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-111-115

For citation

Ovcharenko A.S., Rasulova E.A., Ivanova O.V., Velichko N.A. Blended fruit and vegetable juices based on small-fruited apples, pumpkin, mountain ash and honey. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 111–115. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-111-115

уровней. Одним из ее основных компонентов являются природные антиоксиданты (полифенолы, каротиноиды, токоферол и аскорбиновая кислота). Все эти вещества имеют растительное происхождение и не синтезируются в организме человека [1].

В растениях идентифицированы более 8000 полифенольных соединений, из которых флавоноиды и фенольные кислоты являются наиболее распространенными. Полифенолы обладают антиканцерогенным, антиоксидантным, противовоспалительным, антимутагенным, бактерицидным, противовирусным действием, снижают уровень холестерина в крови, препятствуют развитию ожирения, сахарного диабета 2-го типа, сердечно-сосудистых заболеваний, замедляют процессы старения и развитие болезни Альцгеймера [2–5].

К каротиноидам относятся более 600 различных жирорастворимых пигментов. Они обладают радиопротекторным, антимутагенным, иммуномоделирующим, антиинфекционным, антиканцерогенным действием [6, 7].

Полифенолы и каротиноиды обладают синергическим эффектом, их защитное действие

более выражено в присутствии витаминов-антиоксидантов. таких как аскорбиновая кислота (витамины С) и α -токоферол (витамин Е).

Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что рацион, содержащий большое количество растительной пищи, способен снизить риск ряда заболеваний, таких как сердечно-сосудистые болезни, гипертония, диабет и рак за счет входящих в состав растений каротиноидов, флавоноидов, фенольных кислот, витаминов, пищевых волокон [8]. Соки из фруктов, ягод и овощей могут внести достойный вклад в обеспечение организма этими БАВ. Соки обладают высокими вкусовыми качествами, имеют низкий гликемический индекс, утоляют жажду и являются продуктами массового потребления. Используя растительное сырье богатое теми или иными БАВ можно разрабатывать рецептуры купажированных соков с заданными параметрами, имеющими большее профилактическое значение, чем моносоки (соки из одного вида сырья). Антиоксидантными компонентами богаты плоды таких широко распространенных растений как яблоки, рябина и тыква. Содержание БАВ в них показано в таблице 1.

Таблица 1.

Основные биологически активные вещества, содержащиеся в яблоках, рябине и тыкве, мг/100 г.

Table 1.

The main biologically active substances contained in apples, mountain ash and pumpkin, mg/100 g

БАВ BAS	Яблоки сибирские Siberian apples	Тыква Pumpkin	Рябина Mountain ash	Норма физиологического потребления, мг/ сутки The rate of physiological consumption, mg / day
Флавоноиды Flavonoids	43–239	230	250–434	250
Гидроксикоричные кислоты Hydroxycinnamic acids	8–29	130	120–185	–
Каротиноиды Carotenoids	0,03	8,6–27	3,5–4,5	5
Витамин С Vitamin C	2,3–18,5	9,0	22,0–53,7	90
Витамин Е Vitamin E	0,2	1,06	2,0	15
Пищевые волокна Alimentary fibers	2,0	0,5	0,3–0,65	20
Калий Potassium	144–272	220–340	230–290	2500
Железо Iron	1,95	1,1–3,9	1,2–2,6	10
Источник Sources of information	[9, 10]	[8, 11, 12]	[13]	[14]

Как видно из приведенных в таблице 1 данных, яблоки, тыква, ягоды рябины богаты такими антиоксидантами как флавоноиды, гидроксикоричные кислоты, каротиноиды, витамины С и Е, служат источником пектина, калия и железа, что позволяет использовать их для создания купажированных соков функциональной направленности с выраженным антиоксидантным потенциалом. Целебные свойства меда также широко известны и с давних пор используются народной медициной.

Цель работы – разработка рецептуры и получение экспериментального образца купажированного сока функциональной направленности на основе плодовых и овощных соков и меда.

Материалы и методы

Исследования проводились в отделе переработки животного и растительного сырья Красноярского научно-исследовательского института животноводства ФИЦ КНЦ СО РАН (КрасНИИЖ).

В работе использовали мелкоплодные яблоки сорта Воспитанница, тыквы Биг Муни, плоды рябины обыкновенной, луговой мед. Органолептическая оценка соков проводилась комиссией из 7 человек в соответствии с ГОСТ 8756.1-79. Выбранный по ее результатам образец сока исследовался по основным физико-химическим свойствам и показателям

промышленной стерильности в лаборатории ФГБУ «Красноярский референтный центр Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору» в соответствии с ГОСТ 8756.13-87 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров», ГОСТ 8756.10-2015 «Продукты переработки фруктов и овощей. Методы определения массовой и объемной доли мякоти», ГОСТ ISO 750-2013 «Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности», ГОСТ ISO 2173-2013 «Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ», ГОСТ 30425-97 «Консервы. Метод определения промышленной стерильности», ГОСТ 10444.15-94 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов».

Результаты и обсуждение

Все используемое сырье инспектировали и мыли проточной водопроводной водой, при температуре 20–25 °С. Из плодов и овощей удаляли сердцевину. Тыкву очищали от корки и разрезали на небольшие кусочки. Соки получали методом прямого отжима отдельно для каждого вида сырья. Затем их фильтровали через сито с размером ячеек 1 мм для удаления мякоти. Выход сока составил из яблок – 54%, тыквы – 37%, рябины – 51%.

Из сока рябины и сахара готовили сироп в соотношении 6:4. Мед разводили теплой водой в соотношении 1:1. Готовые соки пастеризовали при температуре 98 °С, разливали в стерильные стеклянные банки объемом 0,5 и 1 л и укупоривали крышками твист офф.

Рецептуры купажированных плодовоовощных соков с добавлением меда представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Состав рецептур купажированных плодовоовощных соков с добавлением меда

Table 2.

Composition of recipes blended fruit and vegetable juices with honey

Компонент, мл Component, ml	Образец, № Sample, No			
	1	2	3	4
Сок мелкоплодных яблок Juice of small-fruited apples	400	450	500	400
Сок тыквы Pumpkin juice	400	400	350	400
Сироп из рябины Mountain ash syrup	100	100	100	150
Мед Honey	50	25	25	25
Вода Water	50	25	25	25
Всего Total	1000	1000	1000	1000

Чтобы сок не приобрел приторно-сладкий вкус, мед вносили до конечной концентрации от 2,5% до 5%. Так как плоды рябины имеют характерный горький вкус, рябиновый сироп добавляли в небольших объемах, в диапазоне от 100 до 150 мл на л купажированного сока. Характеристика образцов по органолептическим показателям дана в таблице 3.

Все образцы соков обладали хорошими органолептическими показателями, гармоничным вкусом и ароматом, ярким цветом характерным для исходного растительного сырья. Результаты дегустационной оценки в баллах приведены в таблице 4.

Таблица 3.

Характеристика образцов по органолептическим показателям

Table 3.

Characteristics of samples by organoleptic indicators

Показатель Indicator	Образец, № Sample, No			
	1	2	3	4
Внешний вид и консистенция Appearance and consistence	Естественно мутная жидкость, оранжевого цвета, с небольшим количеством осадка Naturally turbid liquid, orange color, with a small amount of sediment			
Вкус и аромат Taste and flavor	Слабый запах рябины. Сладковатый вкус, ощущается привкус рябины. Weak flavor of mountain ash. Sweetish taste, there is a taste of mountain ash.	Приятный слабый запах рябины. Полный, хорошо выраженный вкус рябины. Pleasant faint flavor of mountain ash. Full, well-pronounced taste of mountain ash.	Слабый запах рябины. Слабо выраженный вкус рябины. Weak flavor of mountain ash. Thin taste of mountain ash.	Приятный запах рябины. Выраженный, горьковатый вкус рябины, несколько горькое послевкусие. Pleasant flavor of mountain ash. Expressed, bitter taste of mountain ash, slightly bitter aftertaste.
Цвет Color	Оранжевый Orange			

Результаты дегустационной оценки образцов

Table 4.

The results of tasting evaluation samples

Образец, № Sample, No	Оцениваемый показатель, балл Estimated indicator, point				Средний балл Average point
	Внешний вид Appearance	Цвет Color	Вкус Taste	Запах Flavor	
1	4,57 ±0,22	4,71 ±0,20	4,00 ±0,41	4,00 ±0,41	4,32
2	4,43 ±0,22	4,71 ±0,20	4,57 ±0,32	4,43 ±0,22	4,54
3	4,14 ±0,28	4,57 ±0,22	4,29 ±0,31	3,86 ±0,44	4,22
4	4,71 ±0,20	4,71 ±0,20	3,71 ±0,31	4,14 ±0,28	4,31

По результатам дегустационной оценки наибольшее количество баллов набрал образец № 2 имевший наиболее приятный сбалансированный вкус и запах с нотами рябины и яблока.

В результате лабораторных исследований установлено, что образец № 2 имел следующие физико-химические показатели: массовая доля мякоти – 4,5%, растворимых сухих веществ – 16%, сахара – 36,3%, массовая доля титруемых кислот в пересчете на яблочную кислоту – 0,45%, pH – 3,7, растительные и минеральные примеси не обнаружены.

Анализ промышленной стерильности образца № 2 показал, что в нем отсутствуют грамположительные бактерии *Bacillus cereus*, молочнокислые микроорганизмы, газообразующие спорообразующие мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы группы *B. polymyxa*, мезофильные клостридии, неспорообразующие микроорганизмы, плесневые

грибы, дрожжи. Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) значительно ниже допустимой границы нормы. На основании полученных результатов можно заключить, что опытный образец сока по показателям промышленной стерильности соответствовал техническому регламенту на соковую продукцию из фруктов и овощей ТР ТС 023/2011.

Заключение

В результате проведенных исследований разработана рецептура купажированного плодовоовощного сока с добавлением меда состоящего из (мл/л): сока мелкоплодных яблок – 450, сока тыквы – 400, сиропа рябины – 100, меда – 25 и воды – 25. По органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям сок соответствовал требованиям нормативно-технической документации.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Kumar S., Pandey A.K. Free radicals: health implications and their mitigation by herbals // British Journal of Medicine and Medical Research. 2015. V. 7. №. 6. P. 438-457. doi: 10.9734 / BJMMR / 2015 / 16284
- 2 Lago J.H.G., Toledo-Arruda A.C., Mernak M. et al. Structure-activity association of flavonoids in lung diseases // Molecules. 2014. V.19. P. 3570-3595. doi:10.3390/molecules19033570
- 3 Cuevas A., Saavedra N., Salazar L.A., Abdalla D.S.P. Modulation of immune function by polyphenols: possible contribution of epigenetic factors // Nutrients. 2013. № 5. P. 2314-2332. doi:10.3390/nu5072314
- 4 Исайкина Н.В. и др. Плоды рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) как источник средства для повышения эффективности химиотерапии опухолей // Химия растительного сырья. 2017. № 4. С. 165-173. doi: 10.14258/jcprm.2017041839
- 5 Тараховский Ю.С., Ким Ю.А., Абдрасилов Б.С., Музафаров Е.Н. Флавоноиды: биофизика, биохимия, медицина. Пушино: Synchronbook, 2013. 310 с.
- 6 Дейнека В.И. и др. Каротиноиды: строение, биологические функции и перспективы применения // Научные ведомости. 2008. № 6(46). С. 19-25.
- 7 Пивоваров В.Ф., Пышная О.Н., Гуркина Л.К. Овощи - продукты и сырье для функционального питания // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 3. С. 121-127.

- 8 Zhang Y.J., Gan R.Y., Li S. et al. Antioxidant phytochemicals for the prevention and treatment of chronic diseases // Molecules. 2015. V. 20. P. 21138-21156. doi:10.3390/molecules201219753

- 9 Бельмер С.В. Соки в питании ребенка и взрослого человека: значение для здоровья // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2016. № 4. С. 43-48. doi: 10.21508/1027-4065-2016-61-4-43-48

- 10 Rudikovskaya E.G., Dudareva L.V., Shishparenok A.A., Rudikovskii A.V. Peculiarities of polyphenolic profile of fruits of Siberian crabapple and its hybrids with *Malus x Domestica* Borkh // Acta Physiol. Plant. 2015. V. 37. P. 237-238. doi: 10.1007/s11738-015-1993-6

- 11 Muntean E., Muntean N., Duba M.M. Cucurbita maxima Dush. as a medicinal plant // Hop and medicinal plants, Year XXI. 2013. №. 1-2(41-42). P. 75-80.

- 12 Бухарова А.Р., Степанюк Н.В., Бухаров А.Ф. Химический анализ плодов тыквы крупноплодной на содержание низкомолекулярных антиоксидантов // Вестник РГАЗУ. 2014. № 17(22). С. 13-17.

- 13 Блинникова О.М. Товароведная оценка рябины обыкновенной как источника ценных микронутриентов при производстве продуктов функционального назначения // Вестник МичГАУ. 2013. № 1. С. 89-93.

REFERENCES

- 1 Kumar S., Pandey A.K. Free radicals: health implications and their mitigation by herbals. *British Journal of Medicine and Medical Research*. 2015. vol. 7. no. 6. pp. 438-457. doi: 10.9734 / BJMMR / 2015 / 16284
- 2 Lago J.H.G., Toledo-Arruda A.C., Mernak M. et al. Structure-activity association of flavonoids in lung diseases. *Molecules*. 2014. vol. 19. pp. 3570-3595. doi:10.3390/molecules19033570
- 3 Cuevas A., Saavedra N., Salazar L.A., Abdalla D.S.P. Modulation of immune function by polyphenols: possible contribution of epigenetic factors. *Nutrients*. 2013. no. 5. pp. 2314-2332. doi:10.3390/nu5072314
- 4 Isaykina N.V., Kalinkina G.I., Razina T.G. et al. The fruits of rowan (*Sorbus aucuparia* L.) as a source of means for increasing the effectiveness of chemotherapy of cancer. *Himija rastitel'nogo syr'ja* [Chemistry of vegetable raw materials] 2017. no. 4. pp. 165-173. (in Russian) doi: 10.14258/jcprm.2017041839
- 5 Tarakhovsky Y.S., Kim Y.A., Abdrasilov B.S., Muzafarov E.N. *Flavonoidy: biofizika, biohimija, medicina* [Flavonoids: biophysics, biochemistry, medicine] Pushchino, Synchronobook, 2013. 310 p. (in Russian)
- 6 Deyneca V.I., Shaposhnikov A.A., Deyneca L.A. et al. Carotenoids: structure, biological functions and prospects of use. *Nauchnye vedomosti* [Scientific gazette] 2008. no 6(46). pp. 19-25. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Андрей С. Овчаренко младший научный сотрудник, отдел переработки животного и растительного сырья, Красноярский научно-исследовательский институт животноводства, пр-т. Мира, 66, г. Красноярск, 660049, Россия, regensburg@rambler.ru

Елена А. Расулова к.с.-х.н., отдел переработки животного и растительного сырья, Красноярский научно-исследовательский институт животноводства, пр-т. Мира, 66, г. Красноярск, 660049, Россия, krasnptig75@yandex.ru

Ольга В. Иванова д.с.-х.н., профессор, директор, Красноярский научно-исследовательский институт животноводства, пр-т. Мира, 66, г. Красноярск, 660049, Россия, krasnptig75@yandex.ru

Надежда А. Величко д.т.н., профессор, отдел переработки животного и растительного сырья, Красноярский научно-исследовательский институт животноводства, пр-т. Мира, 66, г. Красноярск, 660049, Россия, krasnptig75@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Андрей С. Овчаренко написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Елена А. Расулова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент

Ольга В. Иванова консультация в ходе исследования

Надежда А. Величко консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 01.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.08.2018

7 Pivovarov V.F., Pyshnaya O.N., Gurkina L.K. Vegetables are products and raw material for functional nutrition. *Voprosy pitaniia* [Problems of Nutrition] 2017. vol. 86. no. 3. pp. 121-127. (in Russian)

8 Zhang Y.J., Gan R.Y., Li S. et al. Antioxidant phytochemicals for the prevention and treatment of chronic diseases. *Molecules*. 2015. vol. 20. pp. 21138-21156. doi:10.3390/molecules201219753

9 Belmer S.V. Juices in the nutrition of the child and the adult: importance for health. *Rossiiskij vestnik perinatologii i pediatrii* [The Russian herald of perinatology and pediatrics] 2016. no. 4. pp. 43-48. (in Russian) doi: 10.21508/1027-4065-2016-61-4-43-48

10 Rudikovskaya E.G., Dudareva L.V., Shishparenok A.A., Rudikovskii A.V. Peculiarities of polyphenolic profile of fruits of Siberian crabapple and its hybrids with *Malus x Domestica* Borkh. *Acta Physiol. Plant*. 2015. vol. 37. pp. 237-238. doi: 10.1007/s11738-015-1993-6

11 Muntean E., Muntean N., Duba M.M. Cucurbita maxima Dush. as a medicinal plant. Hop and medicinal plants, Year XXI. 2013. no. 1-2(41-42). pp. 75-80.

12 Bukharova A.R., Stepanyuk N.V., Bukharov A.F. Chemical analysis of fruit of large-fruited pumpkin on the content of low-molecular antioxidants. *Vestnik RGAU* [Bulletin RGAU] 2014. No. 17(22). pp. 13-17. (in Russian)

13 Blinnikova O.M. Commodity evaluation of quickbeam as a source of valuable micronutrients in the production of functional products. *Vestnik MichGAU* [Bulletin of MichAU] 2013. no. 1. pp. 89-93. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Andrey S. Ovcharenko junior researcher, department of processing animal and vegetable raw materials, Krasnoyarsk Scientific-Research Institute of Animal Husbandry, Mira av., 66, Krasnoyarsk, 660049, Russia, regensburg@rambler.ru

Elena A. Rasulova Cand. Sci. (Agr.), department of processing animal and vegetable raw materials, Krasnoyarsk Scientific-Research Institute of Animal Husbandry, Mira av., 66, Krasnoyarsk, 660049, Russia, krasnptig75@yandex.ru

Olga V. Ivanova Dr. Sci. (Agr.), professor, director, Krasnoyarsk Scientific-Research Institute of Animal Husbandry, Mira av., 66, Krasnoyarsk, 660049, Russia, krasnptig75@yandex.ru

Nadezhda A. Velichko Dr. Sci. (Engin.), professor, department of processing animal and vegetable raw materials, Krasnoyarsk Scientific-Research Institute of Animal Husbandry, Mira av., 66, Krasnoyarsk, 660049, Russia, krasnptig75@yandex.ru

CONTRIBUTION

Andrey S. Ovcharenko wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Elena A. Rasulova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment,

Olga V. Ivanova consultation during the study

Nadezhda A. Velichko consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.1.2018

ACCEPTED 8.20.2018

Влияние электрофизической обработки на структуру масличных материалов с применением X-ray микротомографии

Иван А. Шорсткий¹ i-shorstky@mail.ru
Дмитрий А. Худяков¹ dima.khudykov.1995@mail.ru

¹ Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350042, Россия

Реферат. В данной работе проведен анализ морфологической капиллярно-пористой структуры масличного материала с использованием X-ray микротомографии в продольном и поперечном разрезе и FESEM-анализ поверхностной микроструктуры после электрофизической обработки. Экспериментальные данные получены на базе Института исследования материалов и инженерии (Institute of Materials research and engineering) (респ. Сингапур). В работе рассмотрено влияние двух видов электрофизической обработки: обработка импульсным электрическим полем, создающей эффект электропорации масличной структуры, и микроволновой СВЧ-нагрев. Дана основная характеристика капиллярно-пористой структуре масличных материалов. Локальные изменения электронной плотности исследуемого масличного объекта, при прохождении излучения позволили четко определить воздушные полости в структуре ядра подсолнечника. Установлено влияние обработки импульсным электрическим полем на целостность структуры мембран масличных клеток с созданием материала, обладающего большей проницаемостью для диффузионных процессов. Экспериментальным путем определено, что на площади 1 кв.см в результате обработки импульсным электрическим полем сформировано более 2500 электрических пор. В случае обработки импульсным электрическим полем модель масличного тела может быть представлена в виде расширенной бидисперсной структуры с добавлением микрокапилляров образованных электрическим полем. Полученные данные представляют интерес не только для технологий переработки масличных культур, но и для методов анализа перспективных электрофизических методов обработки.

Ключевые слова: микроскопический анализ, микротомография, структура, масличные семена, электрофизическая обработка, импульсное электрическое поле

Influence of electrophysical treatment on oilseed crops structure with X-ray micro tomography application

Ivan A. Shorstkii¹ i-shorstky@mail.ru
Dmitry A. Khudyakov¹ dima.khudykov.1995@mail.ru

¹ Kuban State Technological University, Moskovskaya street, 2 Krasnodar, 350042, Russia

Summary. Morphological capillary-porous structure analysis of the oilseed materials, using x-ray microtomography in the longitudinal and transverse section and FESEM analysis of the surface microstructure after electrical and microwave treatment presented in current paper. Experimental data were obtained on the basis of the Institute of Materials Research and Engineering (Singapore). Two types of treatment considered: non-thermal pulsed electric field treatment, creating an electroporation effect of the oilseeds structure and microwave treatment. The main characteristic of capillary-porous structure of oil-bearing materials is given. Local changes in the electron density of the oilseed object under study, during the passage of radiation, made it possible to determine clearly the air cavities in the structure of the sunflower nucleus. The influence of a pulsed electric field treatment on the integrity of the structure of oil-cell membranes has been obtained with the creation of a material that has a greater permeability for diffusion processes. Experimentally was determined that over 2500 electric pores were formed on an area of 1 sq.cm as a result of a pulsed electric field treatment. In the case of a pulsed electric field treatment, the oil body material model can be represented as a capillary model with capillary and electroporation radii, thus expanding the model of a bidispersed structure with the addition micro capillaries, formed by an electric field. The data obtained are of interest not only for the technology of processing oilseeds, but also for the analysis methods of new electrophysical treatments.

Keywords: microscopic analysis, micro tomography, structure, oilseeds, electrophysical treatment, pulsed electric field

Введение

Современные методы электрофизической обработки представляют собой диэлектрический СВЧ нагрев, обработку ультразвуком и обработку с наложением электрического поля [1]. С появлением современных электрофизических способов обработки масличных материалов в процессах сушки [2], экстрагирования [3], прессования [4] как для теории, так и для практики важную роль играют знания капиллярно-пористой структуры, типоразмеров масличных клеток и изменения структуры материала под воздействием электрофизической обработки.

Для цитирования

Шорсткий И.А., Худяков Д.А. Влияние электрофизической обработки на структуру масличных материалов с применением X-ray микротомографии // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 116–123. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-116-123

Методы предварительной электрофизической обработки активно внедряются в технологический цикл переработки масличных материалов как на стадиях подготовки материала, так и при непосредственной переработке. Несмотря на достаточно широкое распространение и значительный объем исследований существуют недостаточно изученные научно-практические аспекты применения электрофизических воздействий к масличным материалам на стадиях предварительной подготовки. Основной проблемой является недостаточность знаний об изменении морфологической капиллярно-пористой

For citation

Shorstkii I.A., Khudykov D.A. Influence of electrophysical treatment on oilseed crops structure with X-ray micro tomography application. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 116–123. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-116-123

структуры материала после электрофизической обработки. Примером наиболее широко распространенных масличных материалов, могут выступать семена подсолнечника, сои. Компоненты таких материалов обладают различными свойствами и могут по-разному реагировать на воздействие электрофизической обработки.

За последние десять лет трехмерная компьютерная микротомография все активнее используется в пищевой промышленности для анализа различных культур сои, рапса [5, 6]. Технология микротомографии позволяет оперативно определять не только такие параметры как масличность семян, но и показатель содержания белков или процентное содержание защитной оболочки. Одним из широко распространенных направлений применения микротомографии является анализ всхожести и жизнедеятельности семян [7, 8].

Разнообразие практических задач, решаемых на основе методов и средств микротомографии, как по своей цели и содержанию, так и по своим условиям, позволяет решать проблему анализа внутренней морфологии материала с помощью различных физических методов. В настоящее время число научно-исследовательских работ применяющих интроскопические методы исследования, в том числе рентгеновскую томографию, мало, а сами исследования ограничиваются только микрофокусной рентгенографией [9] и образцами толщиной до 2 мм [10] с использованием методов ртутной пирометрии.

Данная работа направлена на получение данных морфологической капиллярно-пористой структуры масличного материала до и после электрофизической обработки с использованием технологии высокого разрешения x-гау микротомографии и электронной микроскопии.

Материалы и методы

В качестве исследуемого материала были взяты образцы ядра подсолнечника сорта «Передовик» и сои, взятых с производственного цикла маслоперерабатывающего предприятия на территории Краснодарского края.

Микроскопический анализ поверхности ядра подсолнечника проводился с использованием сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) JEOL SEM 6360LA (A*Star, IMRE, Сингапур). Данный вид микроскопа позволяет исследовать поверхность материала без дополнительных операций подготовки.

X-ray микротомография

Для изучения внутренней морфологии масличного материала применялась рентгеновская

микротомография (PMT) на установке (X-ray Micro Tomography, NUS, Сингапур) совместно с SEM - микроскопом при 60 кВ и 35 мкА. Размер вокселя составлял порядка 10 мкм. Исследуемые семена не подвергались дополнительной обработке перед анализом. Для анализа было взято по пять образцов каждой культуры.

Фокусировка проводилась на тех участках структуры ядра подсолнечника, которые обладали наиболее контрастной структурой. То есть участки, различные по своим свойствам, где происходили затемнения рентгеновских лучей (граница воздушных полостей и твердой структуры ядра).

Обработка импульсным электрическим полем

Разрушение целостности масличных клеток проводилось с использованием обработки импульсным электрическим полем (ИЭП), представляющее собой механизм разрушения мембран клеток за счет сосредоточивания разно полярных ионов у границы мембран клеток. За счет импульсного характера электрического поля заряженные ионы под действием силы электрического поля вырываются из структуры масличных клеток по направлению приложенного электрического поля. Для проведения процесса обработки семядоля масличной культуры помещалась в камеру обработки импульсным электрическим полем по схеме, представленной на рисунке 1. При помощи функционального генератора Agilent 33220A (Agilent Technologies, USA) создавались положительные электрические импульсы прямоугольного типа длительностью 40 мкс, которые в усилителе напряжения Trek COR-A-TROL 610D (TREK Inc, Lockport, USA) усиливались по амплитуде до напряжения 10 кВ. Для оцифровки и контроля качества, подаваемого на обработку импульсов, использовался осциллограф Tektronix TDS 220, с дополнительным высоковольтным делителем (400 МГц, X1000).

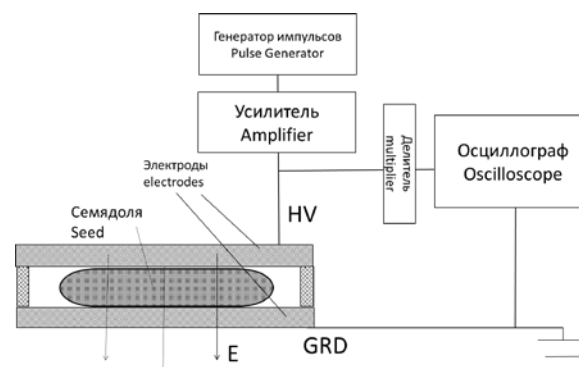


Рисунок 1. Схема установки обработки ИЭП

Figure 1. Pulsed electric field treatment setup

Моделирование процесса обработки ИЭП

Для моделирования процесса воздействия импульсного электрического поля на семядолю масличной культуры была использована программа QuickField (TeraAnalysis Ltd, Denmark). Величина напряженности $E=7$ кВ/см в камере двух оппозитно расположенных титановых электродов, с показателями электропроводности $\sigma = 2,8 \times 10^6$ См/м и обрабатываемого материала прямоугольной формы, с показателем электропроводности $\sigma = 0,28$ См/м распределена в межэлектродном пространстве.

Диэлектрический СВЧ нагрев

Обработка масличных материалов проводилась в СВЧ камере, мощностью 600 Вт в течении 10, 30 и 60 секунд. После обработки материал охлаждался до комнатной температуры. Влажность материала определялась гравиметрическим методом, путем определения массы навески до и после СВЧ нагрева до установления равновесной массы.

Результаты и обсуждение

Микротомография масличного материала

На рисунках 2 и 3 представлены микротомографические изображения: общий вид, поперечный и продольный срез образца ядра подсолнечника. В крупных частях ядра (рисунок 2а), в связи с незначительно разнородностью структуры благодаря РМТ определены воздушные полости в верхней части ядра (зона прокамбия), отмеченная стрелкой. В данной зоне содержится запасной кислород, в роли регулирующего механизма во избежание аноксии в семенах.

Метод РМТ дает возможность четко представить внешнюю морфологию 3D структуры ядра, объем и площадь которых потом легко определить количественно (рисунок 3). Различия в затемнениях рентген лучей при прохождении через структуру в первую очередь зависят от толщины и плотности материала, плотности мембран клеток и содержимого.

В отличие от атомного магнитного резонанса (АМР), РМТ позволяет визуализировать сухие объекты, поскольку он может проникать в более плотные слои материала и зависит от общего контраста плотности, а не от влагосодержания [11]. Однако использование РМТ невозможно в реальном времени (*in vivo*), поскольку используемые рентгеновские лучи – смертельны.

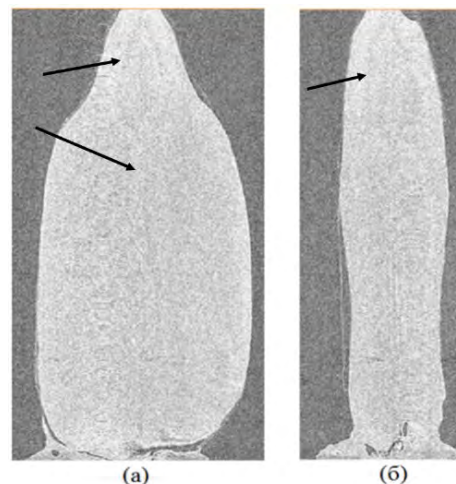


Рисунок 2. Поперечный (а) и продольный разрез (б) ядра подсолнечника

Figure 2. Transverse section (a) and longitudinal section (b) of sunflower kernel



Рисунок 3. Общий вид ядра подсолнечника, полученный на установке микротомографии

Figure 3. Main view of the sunflower kernel obtained on x-ray microtomography

Микроскопический анализ структуры семян подсолнечника показывает отчетливое деление ядра на две семядоли, которые имеют достаточно плотную структуру и высокое сжатие семени.

Рисунок 4 демонстрирует особенности морфологической структуры семян подсолнечника и сои. Показано, что внутри семядоли ядра расположение клеток имеет палисадообразный характер, клетки цилиндрической вытянутой формы, характеризуются отчетливо выраженными липидными сферосомами и белковыми глобулами, диффузно расположенными в объеме клеток и объединенные цитоплазменной матрицей.

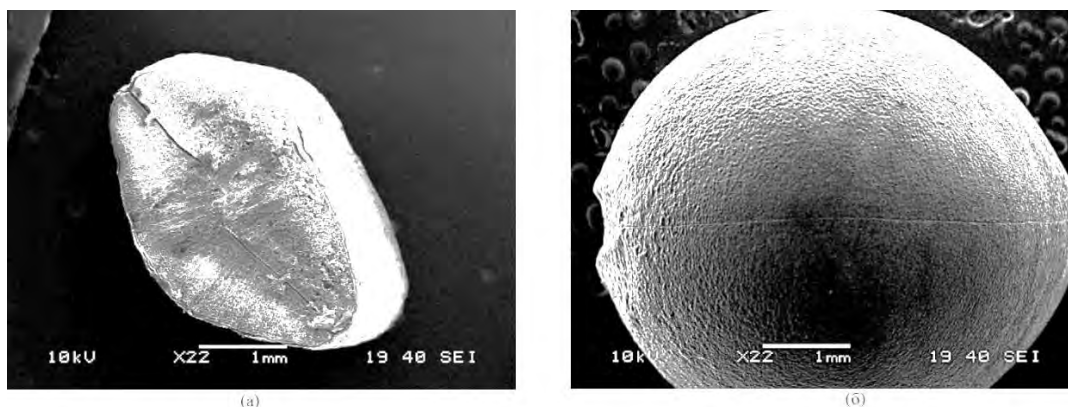


Рисунок 4. SEM-изображение структуры среза ядра семян подсолнечника (а) и сои (б), увеличенные в 22 раза и напряжении электронов 10кВ

Figure 4. SEM image of the structure of the cut sunflower seeds (a) and soybean (b), 22 times magnified and the 10 kV electron voltage

Ориентация длинной оси клеток – радиальная, упаковка достаточно плотная (рисунок 5). Толщина посевного слоя составляет в среднем 50 мкм, а палисад занимает более половины ширины семенного слоя. Размер клеток ядра подсолнечника составляет от 100 до 200 мкм в длину и шириной от 10 до 60 мкм. Все масляные тела имеют сферическую форму размером

от 0,2 до 6 мкм с большинством масляных тел диаметром менее 2 мкм. Интересным представляется сравнение данных работы [12], в которой указана размерность клеток для исследуемого сорта длиной от 650 до 850 мкм и шириной от 200 до 300 мкм для сорта Передовик, отличающиеся от полученных в данной работе.

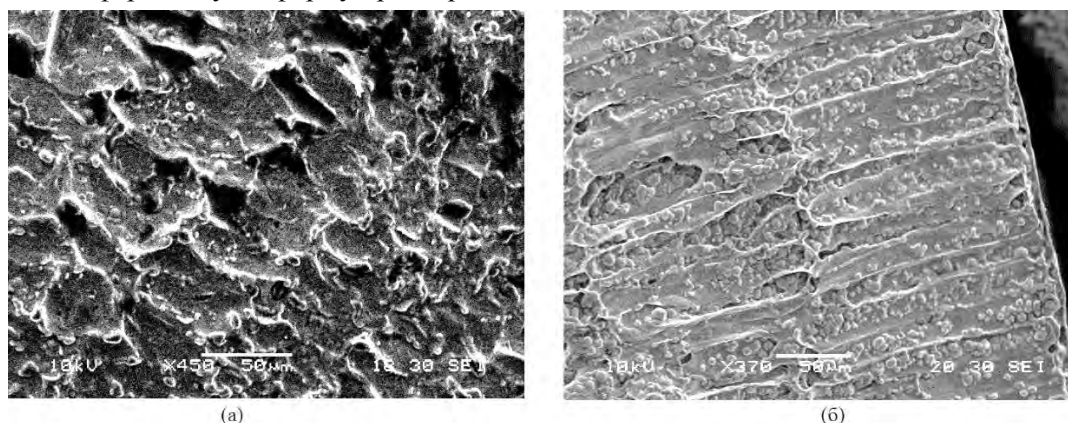


Рисунок 5. Внутренняя структура клеток семян подсолнечника при поперечном (а) и продольном (б) разрезе, при U = 10кВ, увеличение: x450 и x370.

Figure 5. Internal structure of sunflower seeds cells with transverse (a) and longitudinal (b) section, U = 10kV, increased x450 and x370 times

Установлено, что для структуры семян подсолнечника современной селекции характерно наличие мезопор, макропор и супермакропор, средним размером от 500 нм до 75 мкм, форма которых варьируется от правильной окружности до каверн различной формы (рисунок 6). Следует отметить, что главные технологические свойства материала такие, как диффузионная проницаемость, гидродинамическое сопротивление, фильтрующая способность, развитость внутренней поверхности и сорбционные свойства в определяющей степени зависят от характеристик капиллярно-пористой структуры ядра.

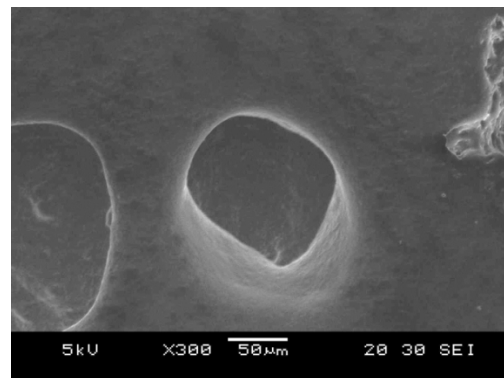


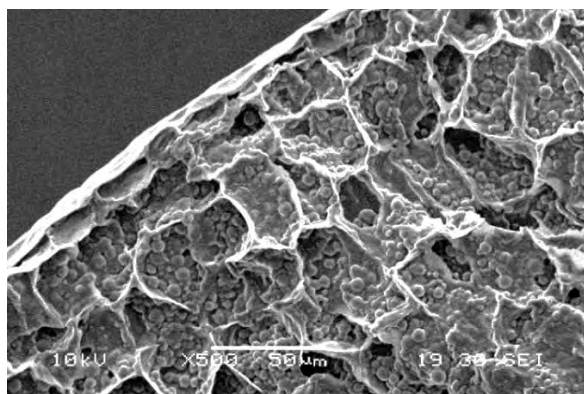
Рисунок 6. Одиночная пора на поверхности семядоли подсолнечника

Figure 6. Single pore on the surface of the sunflower cotyledon

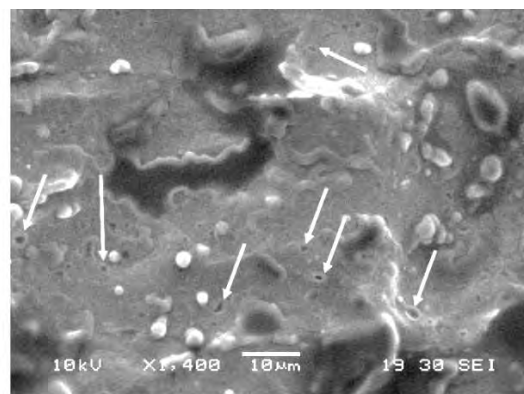
Влияние обработки ИЭП

Основой для создания новых технологий, в первую очередь является использование данных строения капиллярно-пористой структуры различных масличных семян и данных о закономерностях воздействия технологических факторов (температура, давление, влажность, физические поля), позволяющих направленно воздействовать на капиллярно-пористую структуру семян при извлечении масла. По данным работы [13] более 40% сферосом остается неразрушенным после измельчения и влаготепловой обработки, что лимитирует остаточную маслянисть в шроте. Воздействие на семядолю подсолнечника проводилось импульсным электрическим полем, напряженностью $E = 7 \text{ кВ/см}$. Количество импульсов $n = 120$, длительность импульса составляла 50 мкс. Учитывая, что векторные линии напряженности представляют собой эквипотенциальное распределение поля (рисунок 7), а пиковое значение напряженности поля 7 кВ/см находится ближе к поверхности высоковольтного электрода, то разрушение целостности клеток будет более ярко выражено на верхней поверхности материала.

Структура поверхности семядоли подсолнечника после обработки ИЭП представлена на рисунке 8. Отчетливо заметно изменение целостности структуры масличных клеток с разрушением мембраны. При более приближенном изображении заметны электрические пробой на поверхности клеток в виде выпуклых кратеров размером менее 1 мкм. Экспериментальным путем было определено, что на площади 1 см^2 расположено более 2500 электрических пор.



(a)



(б)

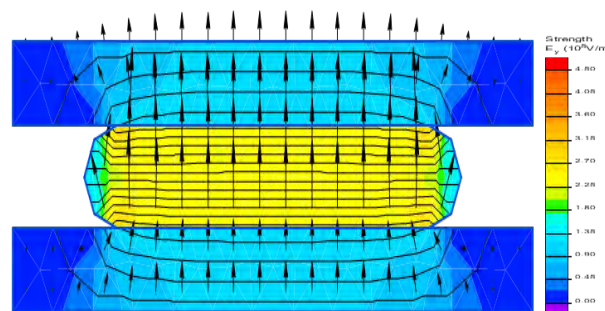
Рисунок 8. Поверхность семядоли подсолнечника после обработки ИЭП, увеличение: x500 (a) и x1400 (б)

Figure 8. Sunflower cotyledon surface after pulsed electric field treatment, increased: x500 (a) and x1400 (b) times

Влияние СВЧ нагрева

СВЧ излучение проникает в структуру материала и взаимодействует с полярными молекулами посредством ионной проводимости и дипольного вращения, сопровождающихся

В литературе различают две модели построения пористых тел – капиллярные и глобулярные. Простейшей капиллярной моделью является совокупность сквозных, не сообщающихся между собой цилиндрами капилляроводного радиуса. Модель пористого тела является пористое тело, образованное одинаковыми сферическими частицами. Большую часть масличных материалов следует отнести к телам капиллярной модели. В случае обработки импульсным электрическим полем модель масличного тела может быть представлена в виде капиллярной модели с капилляроводными и электропорационными радиусами пор. Нами сделана попытка расширить модель бидисперсной структуры с добавлением микрокапилляров образованных за счет воздействия электрического поля. На основе данной модели могут быть описаны свойства движения влаги в капиллярах.

Рисунок 7. Моделирование распределения напряженности поля в момент разряда импульса $t = 9,48 \cdot 10^{-18}$ секFigure 7. Simulation of the distribution of the field strength at the moment of the pulse discharge $t = 9,48 \cdot 10^{-18}$ sec

выработкой тепла. Для масличного материала в качестве дипольного материала, воспринимающего СВЧ излучение, выступает влага, соли и белки.

Поскольку напряженность поля и частота (2450 МГц) постоянны для промышленного СВЧ излучения, единственным варьируемым

параметром обработки является коэффициент диэлектрических потерь ϵ'' . На основе данных диэлектрических потерь семян подсолнечника [14] определена степень нагрева влажностью 7% до 105 градусов. На рисунке 9 представлена структура поверхности материала подсолнечника после СВЧ обработки мощностью 600 Вт в течении 1 минуты, достаточной для оценки эффекта СВЧ обработки. С помощью внутренней программы Jeol было определено, что дисперсия размеров частиц после СВЧ-нагрева уменьшилась примерно в 2 раза с 35,3 мкм² до 18,1 мкм². Данное снижение вызвано формированием более однородной структуры масляного материала, возможной денатурации белков и лопания масляных капсул. При этом получаемые размеры агломератов частиц зависят от исходного содержания влажности в семенах, и длительности СВЧ нагрева. Таким образом выявление оптимального условия СВЧ нагрева масляного материала может способствовать его эффективной переработке в процессе прессования или экстрагирования. Благодаря доступности лабораторных

установок СВЧ обработки данный метод был испытан множеством авторов. Так в работе [15] отмечено увеличение выхода масла сои на стадии прессования на 10% после предварительной СВЧ обработки в течении 1 минуты мощностью 600Вт. Дополнительным преимуществом предварительной обработки СВЧ является объемный характер воздействия на материал в отличие от традиционных процессов жаровни на производстве.

В случае агрегирования частиц в процессе СВЧ нагрева пористое тело может быть образовано за счет близких к сферической форме тел, т. е. может быть представлено как глобулярная модель тела. Размеры и расположение белковых глобул при обработке характеризуют прочность получаемых формоизмененных частиц. Интересным представляет комбинированная электрофизическая обработка, совмещающая СВЧ нагрев и обработку импульсным электрическим полем, с получением новой модели пористого масляного тела.

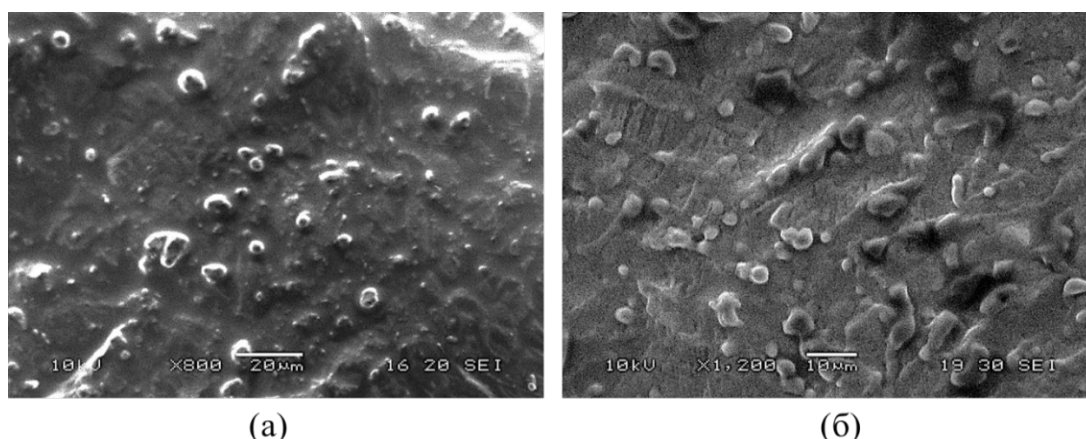


Рисунок 9. Структура материала подсолнечник до обработки (а) и после обработки (б) СВЧ.

Figure 9. Sunflower material structure before microwave treatment (a) and after microwave treatment (b)

Выводы

Полученные структурные данные ядра подсолнечника и характеристика капиллярно-пористой структуры являются определяющими данными при определении главных технологических свойства материала, как диффузионная проницаемость, гидродинамическое сопротивление, фильтрующая способность, развитость внутренней поверхности и сорбционные свойства. Данные размерности клеток масляного материала могут быть использованы при расчете режимных характеристик электрофизических методов обработки сырья. В случае обработки импульсным электрическим полем модель масляного тела может быть представлена в виде капиллярной модели с бидисперсной структурой с добавлением микрокапилляров образованных наложением электрических полей.

С расширением разрешающей способности, X-гау микротомография обладает большим потенциалом для новых возможностей качественного и количественного исследования внешней и внутренней морфологии масляных культур с более детальным рассмотрением процессов воздействия физических сил на клеточном уровне.

Полученные данные представляют интерес не только для технологии переработки масляных материалов, но и для анализа новых электрофизических методов обработки.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-00448

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Puertolas E., Barba F.J. Electrotechnologies applied to valorization of by – products from food industry: Main findings, energy and economic cost of their industrialization // Food and Bioproducts Processing. № 100. P. 172–184.
- 2 Budnikov D., Vasiliev A. The Use of Microwave Energy at Thermal Treatment of Grain Crops //Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development // IGI Global. 2018. P. 475–499.
- 3 Шорсткий И.А., Кошевой Е.П. Экстракция с наложением импульсного электрического поля. Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2015. № 4. С. 40–42.
- 4 Антипов С.Т., Шахов С.В., Мартеха А.Н., Берестовой А.А. Разработка способа получения растительного масла из семян сафлора методом прессования в поле ультразвука // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. № 4 (66).
- 5 Hu Z.Y. et al. Seed structure characteristics to form ultrahigh oil content in rapeseed //PLOS One. 2013. V. 8. № 4. P. e62099.
- 6 Rocha C.R.M., Silva V.N., Cicero S.M. Internal morphology and germination of sunflower seeds //Journal of Seed Science. 2014. V. 36. № 1. P. 48–53.
- 7 Dudak J. et al. High-contrast X-ray micro-radiography and micro-CT of ex-vivo soft tissue murine organs utilizing ethanol fixation and large area photon-counting detector //Scientific reports. 2016. V. 6. P. 30385.
- 8 Безух Е.П., Потрахов Н.Н., Бессонов В.Б. Применение метода микрофокусной рентгенографии для контроля качества семян плодовых культур // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2016. № 89.
- 9 Никольский М.А. Мировой опыт использования интроскопических методов исследования в сельскохозяйственной биологии // Наука. Техника. Технологии. 2015. С. 137.
- 10 Schoeman L. et al. X-ray micro-computed tomography (μCT) for non-destructive characterisation of food microstructure //Trends in Food Science & Technology. 2016. V. 47. P. 10–24.
- 11 Windt C.W., Blümler P. A portable NMR sensor to measure dynamic changes in the amount of water in living stems or fruit and its potential to measure sap flow //Tree physiology. 2015. V. 35. № 4. P. 366–375.
- 12 Ключкин В. В., Быкова С. Ф. Новые представления о неоднородности структуры масличных семян и ее влиянии на технологические свойства // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2008. № 2-3.
- 13 Лисицын А.Н., Григорьева В.Н. Научно-обоснованные тенденции переработки масличного сырья // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров. 2015. № 1–2. С. 5–16.
- 14 Shorstkii I., Koh X.Q., Koshevoi E. Influence of temperature and solvent content on electrical properties of sunflower seed cake //Journal of food processing and preservation. 2015. V. 39. № 6. P. 3092–3097.
- 15 Koubaa M. et al. Oilseed treatment by ultrasounds and microwaves to improve oil yield and quality: An overview //Food Research International. 2016. V. 85. P. 59-66.

REFERENCES

- 1 Puertolas E., Barba F.J. Electrotechnologies applied to valorization of by – products from food industry: Main findings, energy and economic cost of their industrialization. Food and Bioproducts Processing, no. 100, pp. 172–184.
- 2 Budnikov D., Vasiliev A. The Use of Microwave Energy at Thermal Treatment of Grain Crops. Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development. IGI Global, 2018. pp. 475–499.
- 3 Shorstkii I.A., Koshevoi E.P. Extraction with imposing of pulsed electric field. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Pishhevaya tekhnologiya* [News institutes of higher Education. Food technology]. 2015. no. 4 pp. 40–42. (in Russian)
- 4 Antipov S.T., Shahov S.V., Marteha A.N., Berestovoi A.A. Development a method for producing vegetable oil from safflower seeds by pressing in the field of ultrasound. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii* [Bulletin on Voronezh state university of engineering]. 2015. no 4 (66). (in Russian)
- 5 Hu Z.Y. et al. Seed structure characteristics to form ultrahigh oil content in rapeseed. PLoS One. 2013. no 4. pp. e62099.
- 6 Rocha C.R.M., Silva V.N., Cicero S.M. Internal morphology and germination of sunflower seeds. Journal of Seed Science. 2014. no 1. pp. 48–53.
- 7 Dudak J. et al. High-contrast X-ray micro-radiography and micro-CT of ex-vivo soft tissue murine organs utilizing ethanol fixation and large area photon-counting detector. Scientific reports. 2016. pp. 30385.
- 8 Bezuh E.P., Potrahov N.N., Bessonov V.B. Application of the method of microfocus radiography for quality control of fruit seeds. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva*. [Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products] 2016. no. 89. pp.106–112. (in Russian)
- 9 Nikol'skij M.A. World experience in the use of introsopic research methods in agricultural biology *Nauka. Tekhnika. Tekhnologii*. [Science. Technics, technologies] 2015. P. 137. (in Russian)
- 10 Schoeman L. et al. X-ray micro-computed tomography (μCT) for non-destructive characterisation of food microstructure. Trends in Food Science & Technology. 2016. no. 47. pp. 10–24.
- 11 Windt C.W., Blümler P. A portable NMR sensor to measure dynamic changes in the amount of water in living stems or fruit and its potential to measure sap flow. Tree physiology. 2015. no 4. 366–375 pp.
- 12 Lisicyn A.N., Grigor'eva V.N. Scientifically grounded trends in the processing of oilseeds. *Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhиров*. [Bulletin of VNIIZ] 2015. no. 1–2. pp. 5–16. (in Russian)
- 13 Klyuchkin V. V., Bykova S. F. New ideas about the heterogeneity of the structure of oil seeds and its impact on technological properties. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Pishhevaya tekhnologiya*. [News institutes of higher Education. Food technology]. 2008. no 2, pp.8-12. (in Russian)
- 14 Shorstkii I., Koh X.Q., Koshevoi E. Influence of temperature and solvent content on electrical properties of sunflower seed cake. Journal of food processing and preservation. 2015. no 6. pp. 3092–3097.
- 15 Koubaa M. et al. Oilseed treatment by ultrasounds and microwaves to improve oil yield and quality: An overview. Food Research International. 2016. vol. 85. pp. 59-66.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Иван А. Шорсткий к.т.н., доцент, кафедра технологического оборудования и систем жизнеобеспечения, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350042, Россия, i-shorstky@mail.ru

Дмитрий А. Худяков магистр, кафедра технологического оборудования и систем жизнеобеспечения, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350042, Россия, dima.khudykov.1995@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Иван А. Шорсткий провел обзор литературных данных, предложил методику проведения эксперимента и организовал экспериментальные испытания, написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Дмитрий А. Худяков провёл эксперимент, выполнил первичный анализ

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 26.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.08.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Ivan A. Shorstkii Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Department of technological equipment and life support systems, Kuban State Technological University, Moskovskaya street, 2 Krasnodar, 350042, Russia, i-shorstky@mail.ru

Dmitry A. Khudyakov master student, technological equipment and life support systems, Kuban State Technological University, Moskovskaya street, 2 Krasnodar, 350042, Russia, dima.khudykov.1995@mail.ru

CONTRIBUTION

Ivan A. Shorstkii review of the literature on an investigated problem, proposed a scheme of the experiment and organized production trials, wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Dmitry A. Khudyakov conducted an experiment, performed computations

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.26.2018

ACCEPTED 8.20.2018

Повышение биологической ценности творожного продукта

Екатерина И. Добриян¹ dobreka@mail.ru

Анна М. Ильина¹ mosanja@yandex.ru

Татьяна А. Медведева² medvedevatania2017@yandex.ru

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, ул. Люсиновская, 35/7, Москва 115093, Россия.

² Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе, 11, Москва, 125080, Россия.

Реферат. Статья посвящена повышению биологической ценности творожного продукта с целью придания ему свойств, адекватных специфике и нутриентного статуса групп населения с нарушенным углеводным обменом. Сахарный диабет входит в число самых распространенных в мире хронических заболеваний. Причины роста числа больных диабетом носят комплексный характер, однако этот рост во многом обусловлен нарушениями в питании. Правильно подобранное питание, адаптированное к уровню и характеру метаболических нарушений, является важнейшим профилактическим фактором. Важное значение в питании больных с нарушенным углеводным обменом имеют молочные продукты, среди которых особая роль принадлежит творогу и творожным продуктам, благодаря высокому содержанию в них легкоусвояемого белка. Был проведен маркетинговый анализ пищевой ценности продуктов этой группы, представляемых в торговле. Результаты исследований рынка показывают, что производимые творожные продукты характеризуются низким содержанием общего белка (от 4,5 до 6,0%) и высоким содержанием углеводов (от 13,0 до 18,0%, в т.ч. сахарозы – от 7,5 до 12,0%). Одним из основных требований, предъявляемых к диетотерапии больных сахарным диабетом, является резкое ограничение или исключение из рациона легкоусвояемых рафинированных углеводов. Цель работы: повысить биологическую ценность творожного продукта путем замены сахарозы стевией и обогащением продукта сывороточным белком. Среди сахарозаменителей наиболее предпочтителен сахарозаменитель природного происхождения – стевия, которая кроме способности снижать сахар обладает широким спектром положительного физиологического воздействия на организм. Изучено влияние компонентов молока на выраженность привкуса стевии и возможность его нивелирования. Установлено, что белок не влияет на выраженность привкуса стевии, а молочный жир частично нивелирует металлический привкус и способствует выраженности сладкого вкуса. Установлено, что наилучшие органолептические показатели продукта отмечаются при внесении в него 0,027% стевии. Незаменимым компонентом пищи является молочные белки, в первую очередь сывороточные белки, характеризующиеся высокой биологической ценностью, обусловленной специфичностью и сбалансированностью аминокислотного состава. Однако, в коммерческих образцах творожных продуктов содержание сывороточных белков составляет не более 0,05%. Изучена возможность повышения биологической ценности продукта путем обогащения его сывороточным белком.

Ключевые слова: творожный продукт, биологическая ценность, нарушение углеводного обмена, стевия, сывороточный белок

Increasing the biological value of the curd product

Ekaterina I. Dobriyan¹ dobreka@mail.ru

Anna M. Il'ina¹ mosanja@yandex.ru

Tatyana A. Medvedeva² medvedevatania2017@yandex.ru

¹ All-Russia Dairy Research Institute, Lusinovskaya str., 35/7, Moscow, 115093, Russia

² Moscow State University of Food Production, Vilokolamskoe, 11, Moscow, 125080, Russia

Summary. The article is devoted to the improvement of quark product biological value in order to impart the properties adequate to specificity and nutrient status for the group of population with abnormal carbohydrate metabolism. Diabetes comprises the most widespread chronic diseases in the world. The reason for the number of diabetic patients growth bears the complex character but this growth is conditioned mainly by malnutrition. Correctly chosen diet adequate to the level and character of metabolic disorders is the important prophylactic factor. Milk products among which quark and quark products due to high amount of easily digestible protein are very Important in nutrition of the patients suffering from abnormal carbohydrate metabolism. The marketing analysis of this group nutritive value presented in the marked has been carried out. The obtained results show that the manufactures quark products are characterized by low amount of crude protein (from 4.5 to 6.0%) and high carbohydrates content (from 13.0 to 18.0%) including sucrose (from 7.5 to 12.0%. One of the main requirements to dietetic therapy of the patients suffering from diabetes is drastic restriction and exclusion from food allowance easily digestible refined carbohydrates. The aim of the work is to improve biological value of the quark product by replacement of sucrose by stevia and enrichment it by whey protein. Among sugar substitute of natural origin is stevia, which besides the ability to reduce sugar possesses the wide spectrum of positive physiological impact on the body. The influence of milk components on the expressed after-taste of stevia and the possibility to level it has been studied. It was stated that protein has no impact on stevia after-taste but milk fat partially levels metallic taste and promotes the test intensity. It was stated that the best product organoleptic indices were fixed after introduction of 0.027% of stevia. Milk proteins are food irreplaceable components and mainly whey proteins characterized by high biological value conditioned by their specificity and balanced amino acid composition. But meanwhile commercial samples of quark products contained not more than 0,05% of whey proteins. The possibility to improve the biological value of the product by enrichment with whey proteins has been studied.

Keywords: quark product, biological value, violation of carbohydrate metabolism, stevia, whey protein

Для цитирования

Добриян Е.И., Ильина А.М., Медведева Т.А. Повышение биологической ценности творожного продукта // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 124–127. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-124-127

For citation

Dobriyan E.I., Il'ina A.M., Medvedeva T.A. Increasing the biological value of the curd product. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 124–127. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-124-127

Введение

Одним из «лидирующих» заболеваний современности является сахарный диабет, который представляет собой мировую проблему. С каждым годом количество больных, страдающих сахарным диабетом, неуклонно растет.

Существует два типа сахарного диабета: сахарный диабет первого типа (инсулинзависимый) и сахарный диабет второго типа, который не требует дополнительного введения инсулина.

Чем вызвана эпидемия сахарного диабета 2 типа? Медицинская наука связывает это с особенностью современной жизни: малая подвижность, неправильное питание и хронический стресс.

Сахарный диабет вне зависимости от его типа, причины и патогенеза сопровождается серьезными системными нарушениями, в той или иной степени затрагивающими все органы и системы. Практически все проблемы этого заболевания связаны с нарушением обмена веществ, в первую очередь углеводов и жиров. У основной массы больных выявляется избыточная калорийность рациона питания, высокое потребление животного жира и холестеринсодержащих продуктов, дефицит в диете пищевых волокон, ряда витаминов и микроэлементов [1].

Одним из важнейших методов лечения больных сахарным диабетом типа 2 является диетотерапия, играющая на отдельных этапах заболевания доминирующую роль в достижении стойкой компенсации метаболических нарушений, снижении риска развития сосудистых осложнений, улучшении качества жизни больных.

Правильно подобранное питание, адекватное индивидуальным особенностям течения сахарного диабета типа 2, обеспечивает снижение и поддержание необходимого уровня базальной и послепищевой гликемии, снижение или устранение глюкозурии, нормализацию гликированного гемоглобина, достижения оптимального уровня липидных фракций.

В свете последних данных нутрициологии рекомендуется преимущественное использование в диете продуктов с низким гликемическим индексом, снижение гликемического индекса диеты за счет обогащения рациона нутриентами, уменьшающими как постпрандиальную, так и базальную гликемию [2].

Важное значение в питании больных с нарушенным углеводным обменом имеют молочные продукты, среди которых особая роль принадлежит творогу, благодаря высокому содержанию в нем легкоусвояемого молочного белка. Белки молока являются незаменимыми компонентами пищи.

Был проведен маркетинговый анализ пищевой ценности творожных продуктов, представленных в торговле. Результаты исследований рынка показывают, что производимые творожные продукты характеризуются низким содержанием белка и содержат дополнительно введенный сахар. Более половины пищевой ценности продукта представлено углеводами, основная часть которых – сахароза.

Цель работы – повысить биологическую ценность творожного продукта путем замены сахарозы стевией и обогащением продукта сывороточным белком.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- произвести маркетинговые исследования творожных продуктов, представленных на рынке;
- определить оптимальную дозу сывороточного белка;
- определить оптимальную дозу и способ внесения стевии.

Одним из основных требований, предъявляемых к диетотерапии больных сахарным диабетом, является резкое ограничение или исключение из рациона легкоусвояемых рафинированных углеводов. Больным сахарным диабетом необходимо отказаться от сладкого, но сладкий вкус является генетически самым любимым вкусом для человека. Более того у многих существует психологическая зависимость от сладкого.

Вместо сахарозы традиционно используют подсластители (аспартам, сахарин и другие) и сахарозаменители (ксилит, сорбит и другие), не оказывающие гипергликемического эффекта или вызывающие минимальное повышение послепищевой гликемии [3–5].

Среди сахарозаменителей наиболее предпочтителен сахарозаменитель природного происхождения – стевия. Кроме способности снижать уровень сахара растение стевия (трава) обладает следующими полезными свойствами при диабете: укрепление кровеносных сосудов; нормализация углеводного обмена, снижение артериального давления; уменьшение количества холестерина, улучшение циркуляции крови.

Данный пищевой компонент в 200–300 раз слаще сахара и требует малой дозировки при внесении его в продукт. В работе применяли порошкообразную стевию Sigma-T, производства компании Pure Circle, представляющую собой комбинацию стевииогликозидов.

Согласно данным об использовании стевии в пищевой промышленности, добавка обладает специфической сладостью с нередко выраженным металлическим привкусом. Однако, являясь натуральным сахарозаменителем, стевия показана для питания людей с нарушенным углеводным обменом.

Материалы и методы

Была изучена выраженность привкуса стевии при смешивании с различными компонентами молока и возможность его нивелирования.

Модельной средой для изучения влияния стевии на органолептические показатели творога служили образцы мягкого творога различной жирности (от 0,1 до 5%), в которые вносили определенное количество 1% раствора стевии.

Результаты и обсуждение

Органолептическая оценка исследуемых образцов показала, что компоненты продукта (жир, белок) по-разному влияют на выраженность сладости и металлического привкуса стевии. Так, в образце творога жирностью 0,1% металлический привкус становится выраженным при концентрации стевии, эквивалентной содержанию 10% сахарозы. В то время как в твороге жирностью 5% при введении равной дозы стевии металлический привкус практически не ощущался. То есть, при внесении одинаковых доз стевии в образец продукта с более высокой жирностью металлический привкус стевии менее выраженный по сравнению с образцом продукта, имеющим более низкое содержание жира.

Выраженность сладкого вкуса стевии в продукте проявляется несколько иначе. С увеличением жирности продукта сладость становится более ощутимой по сравнению с образцом менее жирным при одинаковой дозе внесения. Результаты проведенных исследований показывают, что казеин не влияет на выраженность привкуса стевии, а молочный жир частично нивелирует металлический привкус и способствует выраженности сладкого вкуса.

Маркетинговый анализ творожных продуктов, представленных в торговле, показал, что массовая доля углеводов в продуктах данной категории колеблется в интервале от 13,0 до 18,0%, в том числе сахароза соответственно от 7,5 до 12,0%. Для определения количества вносимой стевии ориентировались на эквивалентное по выраженности сладости количество сахарозы.

Результаты проведенных исследований (таблица 1) показали, что наилучшие органолептические показатели продукта отмечаются при дозе стевии 0,027% к массе продукта. Внесение ее производилось в молочную основу в виде раствора перед тепловой обработкой.

Таблица 1.

Изменение органолептических показателей мягкого творога в зависимости от количества внесенной стевии

Table 1.

Changes in organoleptic characteristics of cottage cheese depending on the amount of stevia

Эквивалент сахарозы, % Equivalent sucrose, %	Количество стевии на 100 г. продукта, г Number of stevia in 100 g of product, g	Количество 1%-го раствора стевии на 50 г. продукта, г Number of 1% solution of Stevia at 50 g of product, g	Органолептическая оценка образцов Organoleptic evaluation of product samples
3	0,010	0,5	Не ощущается сладость Do not feel the sweetness
4	0,013	0,67	Едва уловимая сладость Subtle sweetness
5	0,017	0,83	Привкус стевии отдаленно The taste of stevia remotely
6	0,02	1	Слабо выражен сладкий вкус Weakly expressed sweet taste
7	0,023	1,17	Слегка сладкий вкус Slightly sweet taste
8	0,027	1,33	Умеренно выраженная приятная сладость Moderately expressed pleasant sweetness
9	0,03	1,5	Выраженная сладость Pronounced sweetness
10	0,33	1,67	Ярко выраженный металлический привкус Pronounced metallic taste
12	0,04	2	Чрезмерная сладость. Выраженный металлический привкус Excessive sweetness Pronounced metallic taste

Незаменимыми компонентами пищи являются белки молока. Как показали результаты проведенных маркетинговых исследований, массовая доля общего белка в коммерческих образцах творожных продуктах составляет от 4,5 до 6,0%, причем более 99% от этого количества приходится на казеин.

Особое значение для организма имеют сывороточные белки, обладающие высокой биологической ценностью, которая обусловлена специфичностью и сбалансированностью аминокислотного состава, легкой и максимальной атакуемостью протеолитическими ферментами в желудочно-кишечном тракте человека.

Сывороточные белки играют многообразную физиологическую роль в организме и выполняют пластическую, защитную, антимикробную, регенерирующую, антиоксидантную, иммуномодуляторную, регуляторную и другие функции. Однако, массовая доля сывороточных белков в образцах творожных продуктов, представленных в торговле, составляет не более 0,05%.

В целях повышения биологической ценности разрабатываемого продукта, производилось

внесение сывороточного белка. Наилучшие результаты были отмечены при концентрациях обогащения от 3,0 до 5,0%.

Заключение

Показана возможность повышения биологической ценности продукта путем обогащения его сывороточным белком и полной замены сахарозы на природный сахарозаменитель (стевию).

ЛИТЕРАТУРА

1 Тутельян В.А., Киселева Т.Л., Кочеткова А.А., Смирнова Е.А. и др. Перспективные источники фитонутриентов для специализированных пищевых продуктов с модифицированным углеводным профилем: опыт традиционной медицины // Вопросы питания. 2016. Т. 85. № 4. С. 60–73.

2 Тутельян В.А., Шарафетдинов Х.Х., Лапик И.А., Воробьева И.С. и др. Приоритеты в разработке специализированных пищевых продуктов оптимизированного состава для больных сахарным диабетом 2 типа // Вопросы питания. 2014. Т. 83. № 6. С. 41–51.

3 Chang C.L., Lin Y., Bartolome A.P., Chen Y.C. et al. Herbal therapies for type 2 diabetes mellitus: chemistry, biology, and potential application of selected plants and compounds // Evid. Based Complement. Alternat. Med. 2013. P. 378657

4 El-Abhar H.S., Schaalan M.F. Phytotherapy in diabetes: Review on potential mechanistic perspectives // World J. Diabetes. 2014. № 5. P. 176–197.

5 Jung H.S., Lim Y., Kim E.-K. Therapeutic Phytogetic Compounds for Obesity and Diabetes // Int. J. Mol. Sci. 2014. № 15(11). P. 21505–21537.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Екатерина И. Добриян к.т.н., ведущий науч. сотр., лаборатория ресурсосберегающих процессов и функциональных продуктов, Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, ул. Люсиновская, 35/7, Москва 115093, Россия, dobreka@mail.ru

Анна М. Ильина к.т.н., мл. науч. сотр., лаборатория ресурсосберегающих процессов и функциональных продуктов, Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, ул. Люсиновская, 35/7, Москва 115093, Россия, mosanja@yandex.ru

Татьяна А. Медведева студент, Московский государственный университет пищевых производств, Волоколамское шоссе, д. 11, Москва, 125080, Россия, medvedevatania2017@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Екатерина И. Добриян предложила методику проведения эксперимента, корректировала рукопись до подачи ее в редакцию и несет ответственность за плагиат

Анна М. Ильина обзор литературных источников по исследуемой проблеме, написала рукопись

Татьяна А. Медведева провела эксперимент, выполнила расчеты

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 21.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.08.2018

REFERENCES

1 Tuteljan V.F., Kiseleva T.L., Smirnova E.A., Kiseleva M.A. et al. The perspective sources of phytonutrients for specialized food products with modified carbohydrate profile: the experience of the traditional medicine. *Voprosy pitaniya* [Nutrition questions] 2016, vol. 85, no. 4, pp. 60–73. (in Russian)

2 Tutelyan V.A., Sharafetdinov X.X., Lapik I.A., Vorobjeva I.S., Sukhanov B.P. The priorities in the development of the specialized food products with optimized composition for the patients suffering from insulin-dependent diabetes. *Voprosy pitaniya* [Nutrition questions] 2014, vol. 83, no. 6, pp. 41–51 (in Russian)

3 Chang C.L., Lin Y., Bartolome A.P., Chen Y.C. et al. Herbal therapies for type 2 diabetes mellitus: chemistry, biology, and potential application of selected plants and compounds. *Evid. Based Complement. Alternat. Med.* 2013. pp. 378657

4 El-Abhar H.S., Schaalan M.F. Phytotherapy in diabetes: Review on potential mechanistic perspectives. *World J. Diabetes.* 2014. no. 5. pp. 176–197.

5 Jung H.S., Lim Y., Kim E.-K. Therapeutic Phytogetic Compounds for Obesity and Diabetes. *Int. J. Mol. Sci.* 2014. no. 15(11). pp. 21505–21537

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Ekaterina I. Dobriyan Cand. Sci. (Engin.), leading researcher, Laboratory of resource saving processes and functional products, Federal State Independent Scientific Institution All-Russian Dairy Research Institute, Lusinovskaya str., 35/7, Moscow, 115093, Russia, dobreka@mail.ru

Anna M. Il'ina Cand. Sci. (Engin.), research assistance, Laboratory of resource saving processes and functional products, Federal State Independent Scientific Institution All-Russian Dairy Research Institute, Lusinovskaya str., 35/7, Moscow, 115093, Russia, mosanja@yandex.ru

Tatyana A. Medvedeva student, Moscow State University of Food Production, Vilokolamskoeshosse, 11, Moscow, 125080, Russia, medvedevatania2017@yandex.ru

CONTRIBUTION

Ekaterina I. Dobriyan offered the method of the experiment execution, correct the manuscript before filing in editing and is responsible for plagiarism

Anna M. Il'ina review of the literature on an investigated problem, wrote the manuscript

Tatyana A. Medvedeva carried out the experiment, executed the calculations

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.21.2018

ACCEPTED 8.20.2018

Влияние ферментного препарата Церемикс 6ХМГ на показатели качества овсяного солода

Геннадий В. Агафонов	¹	kafedra_tbsp@mail.ru
Алла Е. Чусова	¹	hycovai@mail.ru
Анна В. Зеленкова	²	breweryanna@mail.ru
Виктор Е. Плотников	¹	viktor_plotnikov_1999@mail.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия² ООО «Профималт», пр-т Победы, 29, г. Липецк, 398001, Россия

Реферат. Один из эффективных путей наращивания солодовенных мощностей действующих заводов – использование комплексных ферментных препаратов. Ферментный препарат комплексного действия, проникая в зерно при замачивании или проращивании, воздействуют на его мучнистое тело, способствуя разрыхлению клеточных оболочек и самого эндосперма, тем самым, ускоряя процесс солодоращения. Цель исследований – разработка технологии овсяного ферментированного солода с применением ферментного препарата Церемикс 6ХМГ. Этот ферментный препарат комплексного действия обладает α -амилазной, протеазной, β -глюканазной, пентазаназной, целлюлазной активностями. В качестве объекта исследования был взят овес сорта Козырь. Амилолитическую способность солода определяли колориметрическим методом, протеолитическую – рефрактометрическим методом (по Петрову). Установили, что в результате применения Церемикса 6ХМГ в количестве 0,1–0,5 кг на тонну зерна более выраженное увеличение амилолитической и протеолитической способности по сравнению с контролем (без применения ферментного препарата) происходит при дозировке 0,5 кг на тонну зерна. Вносить Церемикс 6ХМГ в количестве 0,5 кг на тонну зерна нецелесообразно, потому что ферментативная активность овсяного солодов всего лишь на 6,4–6,6 % выше, чем у солода, обработанного ферментным препаратом в количестве 0,3 кг на тонну зерна. Сделан вывод, что применение ферментного препарата Церемикс 6ХМГ позволяет повысить качество овсяного солода за счёт улучшения органолептических показателей, увеличения массовой доли экстрактивных веществ, а также интенсифицировать процесс за счёт сокращения продолжительности сушки на 10–12 часов, что важно для сохранности биологически активных веществ и энергоресурсов.

Ключевые слова: ферментный препарат Церемикс 6ХМГ, овес, амилолитическая и протеолитическая способность, ферментированный солод

Effect of enzyme preparation Ceramics 6ХМГ on indicators of oat malt quality

Gennadii V. Agafonov	¹	kafedra_tbsp@mail.ru
Alla E. Chusova	¹	hycovai@mail.ru
Anna V. Zelenkova	²	breweryanna@mail.ru
Viktor E. Plotnikov	¹	viktor_plotnikov_1999@mail.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia² Profimalt, Pobedy Av, 29, Lipetsk, 398001, Russia

Summary. One of the effective ways to increase the malt capacity of existing plants is the use of complex enzyme preparations. The enzyme preparation of complex action, penetrating into the grain during soaking or germination, affect its powdery body, contributing to the loosening of the cell membranes and the endosperm itself, thereby accelerating the process of malting. A purpose of researches is development of technology of fermented oat malt with the use of enzyme drug Ceramics 6ХМГ. This enzyme preparation with complex action, has α -amylase, protease, β -glucanase, pentosanase, cellulose activities. As the object of study was taken oats Kozyr' variety. Amylolytic ability of malt was determined by colorimetric method, proteolytic-refractometric method (according to Petrov). It was established that as a result of the use of Ceremix 6ХМГ in an amount of 0.1–0.5 kg per ton of grain, a more pronounced increase in amylolytic and proteolytic ability compared to the control (without the use of an enzyme preparation) occurs at a dosage of 0.5 kg per ton of grain. It is impractical to introduce Ceremix 6ХМГ in the amount of 0.5 kg per ton of grain, because the enzymatic activity of oat malt is only 6.4–6.6% higher than that of malt treated with an enzyme preparation in the amount of 0.3 kg per ton of grain. It was found that the use of the enzyme preparation Ceremix 6ХМГ allows to improve the quality of oat malt by improving organoleptic characteristics, increasing the mass fraction of extractives, as well as to intensify the process by reducing the drying time by 10–12 hours, which is important for the preservation of biologically active substances and energy resources.

Keywords: enzyme preparation Ceramics 6ХМГ, oats, starch-splitting and protein-degrading ability, fermented malt

Для цитирования

Агафонов Г.В., Чусова А.Е., Зеленкова А.В., Плотников В.Е. Влияние ферментного препарата Церемикс 6ХМГ на показатели качества овсяного солода // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 128–133. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-128-133

For citation

Agafonov G.V., Chusova A.E., Zelenkova A.V., Plotnikov V.E. Effect of enzyme preparation Ceramics 6ХМГ on indicators of oat malt quality. Vestnik VGUIT[Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 128–133. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-128-133

Введение

Традиционной зерновой культурой для получения ферментированного солода является рожь. Все чаще среди населения встречаются люди, которые страдают непереносимостью глютена, содержащегося в этой зерновой культуре. Таким образом, ассортимент пищевых продуктов у данной категории населения сильно ограничен, что не может не сказываться на качестве их жизни. В последние годы проводятся исследования по совершенствованию технологии ферментированного солода, в том числе применение и нетрадиционного зернового сырья. Овес – распространенная зерновая культура в Российской Федерации. Большой интерес к овсу как к нетрадиционной зерновой культуре в технологии ферментированного солода обусловлен ценным аминокислотным составом белка, наличием витаминов, жира и крахмала, но и его антиаллергенными свойствами. Продукты из овса используются в питании людей, страдающих целиакией. Химический состав зерен овса колеблется в зависимости от районирования, сорта и климатических условий произрастания (в % от массы сухих веществ) крахмала: 31,1–50,0, клетчатки: 7,7–19,5, белков: 9,0–19,5, жиров: 3,1–6,6, золы: 3,1–5,4. Особенностью фракционного состава белка зерна овса является то, что он состоит из растворимых в воде альбуминов (14%), из растворимых в водных растворах нейтральных солей глобулинов (20%), из проламинов (у овса это авенин) (55%), растворимых в 70% спирте, и из глютелинов, нерастворимых в воде, растворах солей, спирте, но растворимых в слабых щелочах и органических кислотах (14%) [1, 2].

По сравнению с другими зерновыми культурами зерно овса характеризуется рядом ценных свойств: повышенным содержанием и наилучшим соотношением в белке ряда незаменимых аминокислот, особенно лизина и триптофана, богатым составом витаминов группы В (В₁, В₂) и минеральных веществ, а также высокими энергетическими показателями благодаря высокому содержанию жира. По ряду незаменимых аминокислот зерно овса значительно превосходит зерно ячменя и риса. Использование овса в пищевой промышленности связано с хорошей усвояемостью питательных веществ и витаминов, что делает его особенно ценным для детского и диетического питания. Более того, овёс является безглютеновым зерновым сырьём из-за низкого содержания глютеиновой фракции белка и может быть рекомендован для группы потребителей, страдающих глютеиновой непереносимостью [3].

Производители солода в настоящее время ориентируются на прогрессивные направления усовершенствования технологии, а именно на применение ферментных препаратов для нетрадиционного зернового сырья на стадии замачивания или проращивания для снижения потерь ценных веществ зерна и улучшения качества продукта [4].

Для интенсификации производства ферментированного солода, снижения потерь ценных веществ зерна и улучшения качества солода в промышленности широко используют регуляторы жизнедеятельности зерна и ферментные препараты. Для повышения перерабатываемости зерна при низкой всхожести и стимулирования синтеза α -амилазы в начале солодоращения применяется чаще всего гиббереллин из расчёт 0,1–0,2 г на т зерна. Для снижения потери сухих веществ на стадии растворения эндосперма зерна для ограничения дыхания и роста добавляют ингибиторы (натриевые и калиевые соли борной кислоты, хлористый кальций или натрий). Гиббереллин обеспечивает сокращение продолжительности проращивания на 1–2 сут., а ингибиторы повышают экстрактивность на 1–2% [3, 5–8].

Один из эффективных путей наращивания солодовенных мощностей действующих заводов – использование ферментных препаратов, содержащих амилолитические, протеолитические и цитолитические ферменты. Ферменты, проникая в зерно при замачивании или его проращивании, воздействуют на мучнистое тело, способствуя разрыхлению клеточных оболочек и самого эндосперма, тем самым, ускоряя процесс солодоращения [11, 12, 13].

Цель работы – разработка технологии овсяного ферментированного солода. Задачи исследования состояли в обосновании выбора ферментного препарата, подборе его дозировки, исследовании ферментативной активности овсяного солода в процессе проращивания, анализе готового ферментированного солода из овса.

Материалы и методы

Было рассмотрено применение ферментного препарата Церемикс 6 MXG в производстве ферментированного солода. Выбор ферментного препарата Церемикса 6XMG обусловлен тем, что это данный ферментный препарат комплексного действия, он обладает α -амилазной, протеазной, β -глюканазной, пентазаназной, целлюлазной активностями [5], а в состав зерна овса входят и крахмал, и белки, и некрахмальные полисахариды,

которые на стадии проращивания необходимо перевести в растворимое состояние и достичь более глубокого амилолиза, протеолиза и цитолиза. Ферментный препарат Церемикс 6XMG в количестве 0,1–0,5 кг на тонну зерна вносили на 1 сутки проращивания. Его разбавляли водой 1:10 и производили опытное орошение зерна овса. В качестве контроля применяли образцы зерна, не обработанные ферментным препаратом. При солодоращении накапливались различные гидролитические ферменты, обеспечивающие необходимые биохимические изменения в зерне. Контроль процесса проращивания осуществляли по амилолитической (АС) и протеолитической (ПС) способностям [9, 10].

Замачивание овса проводили воздушно-водяным способом при температуре 14–16 °С до достижения влажности 50–52%. Проращивание проводили по температурному режиму 14–18–14 °С в течение 4–5 суток, причём на 1 сутки проращивания вносили ферментный препарат.

При солодоращении зерна накапливаются различные гидролитические ферменты, обеспечивающие необходимые биохимические изменения в зерне в процессе его ферментации. Основные ферменты, необходимые для проведения процесса ферментации – амилолитические и протеолитические. Начальная температура солодоращения 14 °С постепенно к третьим суткам повышалась до 18 °С, которая сохранялась 2 сут., а затем снижалась до 14 °С. Влажность солода поддерживалась постоянной (50–52%) во избежание увядания корешков и ростка, что отрицательно сказывается на накоплении ферментов и растворении эндосперма зерна.

Ферментацию солода вели в сушилке при температуре 55–67 °С в течение 12 ч при относительной влажности солода 50–52%.

Овсяной солод высушивали 12–14 ч подогретым воздухом по температурному режиму 70–80–90–105 °С до конечной относительной влажности 4–6%.

Контролем служил солод, полученный без применения ферментного препарата.

Объектом исследования являлся овес сорта Козырь со следующими технологическими показателями: массовая доля влаги – 13,1%; способность прорастания – 96%; массовая доля (% на абс. СВ): белка – 11,5; крахмала – 57,45; масса 1000 зерен – 41,4 г; натура – 531 г./дм³.

Результаты и обсуждение

Изучение влияния различных дозировок ферментного препарата на изменение АС свежепророщенного солода (рисунок 1) показало,

что АС во всех образцах солода, обработанных Церемиксом 6XMG (опыт), значительно превосходит соответствующий показатель в контрольном образце. АС активно возрастает в опытных образцах до четвертых суток рощения. Потом она стабилизируется. Наиболее высокая величина АС проявляется в солоде, обработанном Церемиксом 6XMG в дозировке 0,5 кг/т зерна, она достигает 38,1 ед./г, тогда как соответствующий показатель в контрольном образце равен 18,2 ед./г, т. е. в опыте АС на 52,2% выше контроля. При дозировке Церемикса 6XMG 0,3 г/кг зерна отмечена величина АС 35,8 ед./г, что на 49,16% выше, чем в контроле. При дозировке Церемикса 6XMG 0,1 г/кг овса АС составляет 25,1 ед./г – это на 27,49% больше, чем в контрольном образце. Следует отметить, вносить Церемикс 6XMG в количестве 0,5 кг/т зерна нецелесообразно, потому что АС солода всего лишь на 6,4% выше, чем у солода, обработанного ферментным препаратом в количестве 0,3 кг/т.

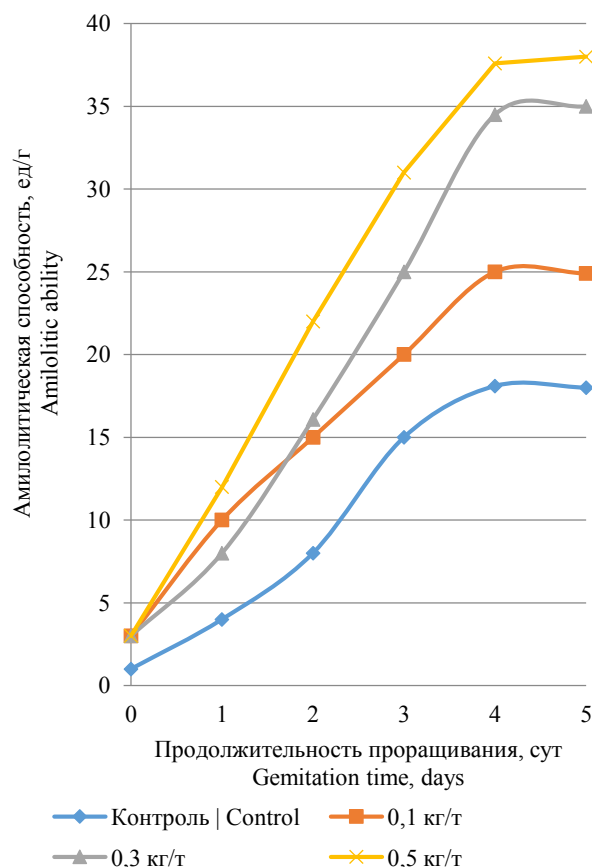


Рисунок 1. Влияние дозировки Церемикса 6XMG на амилолитическую способность овсяного солода
Figure1. The influence of dosage Ceramics 6XMG on amilolitic ability of oat malt

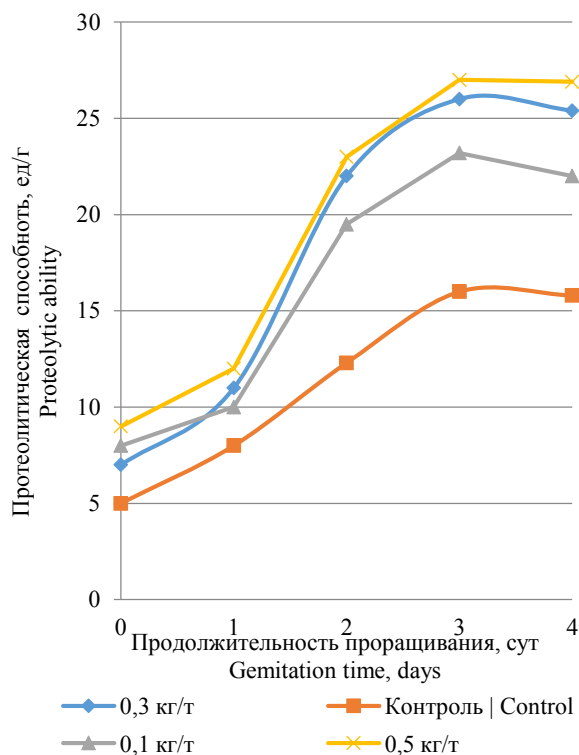


Рисунок 2. Влияние дозировки Церемикса 6XMG на протеолитическую способность овсяного солода

Figure 2. The effect of Ceremix 6XMG dosage on the proteolytic ability of oat malt

Исследования накопления ПС (рисунок 2) в овсяном солоде показали, что ПС при проращивании для всех образцов солода неуклонно возрастает и достигает максимума на четвертые сутки рачения, причем наибольшая скорость накопления ПС наблюдается на 3–4 сутки. Максимальная величина ПС солода достигается

на четвертые сутки при дозировке Церемикса 6XMG 0,5 кг/т овса и составляет 26,9 ед./г, а в дозировке 0,3 кг/т и 0,1 кг/т зерна составляет 25,4 ед./г и 22 ед./г соответственно. Следует отметить, что ПС овсяного солода, полученного при дозировке ферментного препарата 0,5 кг/т зерна, всего лишь на 6,6% выше, чем у солода, обработанного ферментным препаратом в количестве 0,3 кг/т. В контрольном образце солода эта величина достигает 15,8 ед./г, что на 28,2–42,3% выше, чем в образцах солода, обработанных дозировкой Церемикса 6XMG 0,1–0,5 кг/т зерна.

Таким образом, путем внесения ферментного препарата при проращивании овсяного солода в дозировке 0,3 кг/т зерна можно интенсифицировать процесс солодоращения, увеличив ферментативную способность солода, которая важна при приготовлении солодового суслу.

В опытных образцах наблюдали более быстрый рост корешков и зародышевого листка, увеличение активности амилолитических ферментов и растворение эндосперма. В зависимости от дозировки Церемикса 6XMG активность всех ферментов значительно превышала контрольный образец. Так, при дозировке ферментного препарата в количестве 0,1 кг/т АС и ПС возросла соответственно на 27,71% и 28,19%, при дозировке 0,3 кг/т АС и ПС возрастала соответственно на 48,57% и 37,8%, при дозировке 0,5 кг/т АС и ПС возрастала соответственно на 52,63% и 41,26%. В опытных партиях солода необходимые изменения достигались на 1–2 сут раньше, чем в контрольных.

Показатели готового ферментированного овсяного солода представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Показатели готового ферментированного солода из овса

Table 1.

Indicators of the finished fermented malt from oats

Показатель Indicator	Контроль (без ферментного препарата) Control	Дозировка ферментного препарата Церемикс 6MXG, кг/т Dosage Ferment Ceremiks 6MH		
		0,1	0,3	0,5
Цвет Color	Светло-жёлтый с сероватым оттенком Light yellow with greyish tint	Коричневый с красноватым оттенком Brown with reddish tint		
Вкус Taste	Сладковатый Sweet	Кисло-сладкий Sweet and Sour		
Массовая доля влаги, % Mass fraction of moisture, %	7,6	7,4	7,2	7,2
Массовая доля экстрактивных веществ солода на абсолютно сухое вещество, % при горячем экстрагировании The mass fraction of extractive substances of malt on Absolutely dry substance, % when hot Extraction	76,2	80,3	80,9	81,3
Кислотность солода, к. ед. Acidity of malt	2,4	27,0	28,0	28,2
Цвет солода, ц. ед. Color of malt	0,5	9,0	9,5	9,5

Анализ данных, представленных в таблице 1, свидетельствует о том, что в контрольном образце массовая доля экстрактивных веществ овсяного солода возросла с применением Церемикса 6 MXG на 5,12–6,69% в зависимости от дозировки препарата, а цвет солода увеличился в 11 раз.

Из таблицы 1 видно, что применение ферментного препарата Церемикс 6ХМГ в технологии ферментированного овсяного солода позволяет получить готовый продукт высокого качества за счёт улучшения органолептических показателей – цвета и вкуса, увеличения массовой доли экстрактивных веществ, кислотности и цвета по сравнению с показателями солода, полученного без ферментного препарата.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Зельникова А.В., Агафонов Г.В., Чусова А.Е. Перспективы применения ферментного препарата церемикс 6хмг в технологии солода из нетрадиционного сырья // В сборнике: Актуальные вопросы нутрициологии, биотехнологии и безопасности пищи материалы Всероссийской конференции молодых ученых с международным участием. 2017. С. 167-169.
- 2 Зельникова А.В., Агафонов Г.В., Чусова А.Е., Пожалова Ю.В. Изменение ферментативной активности безглютенового солода в процессе проращивания и сушки // Вестник ВГУИТ. 2017. № 2. С. 198–203.
- 3 Jiang Z. et al. Oat protein solubility and emulsion properties improved by enzymatic deamidation // Journal of Cereal Science. 2015. V. 64. P. 126-132.
- 4 Киселева Т.Ф., Миллер Ю.Ю., Степанов С.В., Вдовкина И.А., Терентьев С.Е. Совершенствование технологии овсяного солода // Пиво и напитки. 2014. № 1. С. 28–30.
- 5 Фараджева Е.Д., Федоров В.А., Агафонов Г.В. Общая технология бродительных производств Воронеж: Научная книга, 2012. 728 с.
- 6 Юсупова Г.Г., Кретьова Ю.И., Черкасова Э.И., Черкасова М.О. Обеспечение микробиологической безопасности зернового продовольственного сырья // Хлебопродукты. 2013. № 4. С. 60-63.
- 7 Kordalik-Bogacka E., Bogdan P., Diowski A. Malted and unmalted oats in brewing // Journal of the Institute of Brewing. 2014. V. 120. №. 4. P. 390-398.
- 8 Кретьова Ю.И. Совершенствование технологии обработки зернового сырья в процессе солодоращения // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2015. V. 3. № 2. P. 27-32.
- 9 Nieto-Nieto T. V. et al. Effects of partial hydrolysis on structure and gelling properties of oat globular proteins // Food research international. 2014. V. 55. P. 418-425.
- 10 Budaeva V. V. et al. Enzymatic hydrolysis of the products of hydro-thermobaric processing of Miscanthus and oat hulls // Catalysis in Industry. 2013. V. 5. №. 4. P. 335-341.

Заключение

Применение ферментного препарата Церемикс 6ХМГ позволяет: повысить качество овсяного солода за счёт улучшения органолептических показателей, увеличения массовой доли экстрактивных веществ; интенсифицировать процесс за счёт сокращения продолжительности сушки на 10–12 часов, что важно для сохранности биологически активных веществ и энергоресурсов; получить солод, обладающий диетическими свойствами, который можно применять для производства безглютеновых и с пониженным содержанием глютена пищевых продуктов для широкого круга потребителей, в том числе страдающих глютеновой непереносимостью; расширить область применения солода в пищевой промышленности.

11 Алтанцэцэг Д. Разработка технологии солода с применением ферментных препаратов для получения пива с добавками водных экстрактов. Воронеж: ВГТА, 2005

12 Кретьова Ю.И. совершенствование технологии обработки зернового сырья в процессе солодоращения // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2015. Т. 3. № 2. С. 27-32.

13 Чекина М.С., Меледина Т.В. Разработка технологии зернового сиропа из овса // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 3 (69). С. 210-217.

REFERENCES

- 1 Zelen'kova A.V., Agafonov G.V., Chusova A.E. Prospects for the use of enzyme drug ceramics 6хмд in the technology of malt from non-traditional raw materials. In: "Aktual'nye voprosy nutritsiologii biotekhnologii i bezopasnosti pishchi" materialy Vserossiiskoi konferentsii molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem [Topical issues in nutrition biotechnology, and food safety materials of all-Russian conference of young scientists with international participation]. 2017. pp. 167-169. (in Russian).
- 2 Zelen'kova A.V., Agafonov G.V., Chusova A.E., Pozhalova Yu.V. The change in enzymatic activity of gluten-free malt in the process of sprouting and drying. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2017. no. 2. pp. 198–203. (in Russian).
- 3 Jiang, Z. Q., Sontag-Strohm, T., Salovaara, H., Sibakov, J., Kanerva, P., & Loponen, J. Oat protein solubility and emulsion properties improved by enzymatic deamidation. Journal of Cereal Science. 2015. vol. 64. pp. 126-132.
- 4 Kiseleva T.F., Miller Yu.Yu., Stepanov S.V., Vdovkina I.A., Terent'ev S.E. Improved technology of oat malt. Pivo i napitki [Beer and drinks]. 2014. no. 1. pp. 28–30. (in Russian).
- 5 Faradzheva E.D., Fedorov V.A., Agafonov G.V. Obshchaya tekhnologiya brodil'nykh proizvodstv [The General fermentation technology]. Voronezh: Nauchnaya kniga 2012. 728 p. (in Russian).

6 Yusupova G.G., Kretova Yu.I., Cherkasova E.I., Cherkasova M.O. Ensuring the microbiological safety of food grain raw materials. *Khleboпродукты* [Bread]. 2013. no. 4. pp. 60-63. (in Russian).

7 Kordialik-Bogacka, E., Bogdan, P., & Diowski, A. Malted and unmalted oats in brewing. *Journal of the Institute of Brewing*. 2014. vol. 120. no. 4. pp. 390-398.

8 Kretova Yu. I. Improvement of technology of processing of grain raw materials in the process of malting. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the South Ural state University]. 2015. vol. 3. no. 2. pp. 27-32. (in Russian).

9 Nieto-Nieto T. V., Wang Y. X., Ozimek L., Chen L. Effects of partial hydrolysis on structure and gelling properties of oat globular proteins. *Food research international*. 2014. vol. 55. pp. 418-425.

10 Budaeva, V. V., Makarova, E. I., Skiba, E. A., & Sakovich, G. V. Enzymatic hydrolysis of the products of

hydro-thermobaric processing of Miscanthus and oat hulls. *Catalysis in Industry*. 2013. vol. 5. no. 4. pp. 335-341.

11 Aldanceseg D. Razrabotka tekhnologii soloda s primeneniem fermentnykh preparatov dlya polucheniya piva s dobavkami vodnykh ehkstraktov [Development of malt technology with the use of enzyme preparations for the production of beer with additives of water extracts] Voronezh, VGTA, 2005 (in Russian)

12 Kretova Yu Improvement of the technology of processing grain raw materials in the process of malting. *Vestnik YUzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pishchevye i biotekhnologii* [Herald of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology] 2015. vol. 3. no. 2. pp. 27-32. (in Russian)

13 Chekina M.S., Meledina T.V. Development of oats syrup technology. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies] 2016. no. 3. pp. 210-217. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Геннадий В. Агафонов д.т.н., профессор, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kafedra_tbsp@mail.ru

Алла Е. Чусова к.т.н., доцент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, hycovai@mail.ru

Анна В. Зеленкова главный технолог, ООО «Профимальт», пр-т Победы, 29, г. Липецк, Россия, breweryanna@mail.ru

Виктор Е. Плотников студент, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, viktor_plotnikov_1999@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Геннадий В. Агафонов консультация в ходе исследования

Алла Е. Чусова предложила методику проведения эксперимента и организовала производственные испытания

Анна В. Зеленкова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

Виктор Е. Плотников написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 27.06.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 22.08.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Gennadii V. Agafonov Dr. Sci. (Engin.), professor, technologies of fermentation and sugar industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kafedra_tbsp@mail.ru

Alla E. Chusova Cand. Sci. (Engin), associate professor, technologies of fermentation and sugar industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, hycovai@mail.ru

Anna V. Zelenkova chief process engineer, Profimalt, Pobedy Av, 29, Lipetsk, Russia, breweryanna@mail.ru

Viktor E. Plotnikov student, machines and apparatus for food production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, viktor_plotnikov_1999@mail.ru

CONTRIBUTION

Gennadii V. Agafonov consultation during the study

Alla E. Chusova proposed a scheme of the experiment and organized production trials

Anna V. Zelenkova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Viktor E. Plotnikov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 6.27.2018

ACCEPTED 8.22.2018

Функциональные продукты питания с использованием компонентов вторичного сырья сокового производства

Наталья В. Дрофичева¹ drofichevanata@yandex.ru
Татьяна Г. Причко¹ prichko@yandex.ru

¹ Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства виноделия, 40-летия Победы 39, г. Краснодар, 350901, Россия

Реферат. В настоящее время пищевая промышленность во всем мире старается придерживаться модели ведения сельскохозяйственного производства, используя вторичное сырье для снижения технологических затрат и издержек. Разработка функциональных продуктов сохраняет свою актуальность не только в Европейских странах, но и в России. В статье представлены данные о технологии получения порошка, как компонента функционального продукта, одним из этапов которой является предварительное удаление семян, содержащих глюкозиды, жиры, эфирные масла, приводящих к его прогорканию. Полученный тонкодисперсный порошок, в котором содержатся биологически активные вещества в легкоусвояемой форме, вкусовые, ароматобразующие соединения, а также сахара (34,0–48,0%), клетчатка (20,0 – 35,1%), пектиновые вещества (3,7–4,8%), витамины (С – 3,5–6,4 мг/100г, Р – 28,9–50,6 мг/100г) и минеральные вещества (калий, кальций, магний), способен обеспечить суточную потребность и усилить функциональную значимость основных компонентов, придавая лечебно-профилактические качества готовому продукту. Анализы по изучению химических показателей качества сырья и функциональных продуктов, проводили с использованием титриметрических, фотометрических, спектрофотометрических методов по существующим ГОСТам. Проведены ретроспективные исследования порошка на всех этапах его производства и новых видов продукции с повышенной пищевой ценностью при сокращенном цикле технологического процесса и снижении затрат и издержек – «Фитонектар «Плодовый», «Десерт землянично-ореховый». Каждый из разработанных функциональных продуктов способен удовлетворить суточную потребность в витаминах и пектине на 15% и более. Внедрение в пищевую промышленность технологий, направленных на комплексное использование вторичного сырья сокового производства, является резервом для получения дополнительных продуктов питания и повышения их пищевой ценности.

Ключевые слова: яблочные выжимки, порошок, витамины, химический состав, технологические особенности, новые виды продуктов.

Functional food products with components of secondary raw materials of juice production

Natal'ya V. Droficheva¹ drofichevanata@yandex.ru
Tatyana G. Prichko¹ prichko@yandex.ru

¹ Federal state budgetary scientific institution North-Caucasian federal scientific center for horticulture, viticulture, winemaking, 40th anniversary of Victory 39, Krasnodar, 350901, Russia

Summary. Currently, the food industry worldwide tries to adhere to the model of agricultural production, using recycled materials to reduce technology costs and expenses. The development of functional products remains relevant not only in European countries, but also in Russia. This article presents data on technology of powder, as a component of functional product, one part of which is a preliminary removal of seeds that contain glucosides, fats, essential oils, leading to its Rancidity. The resulting fine powder, which contains biologically active substances in easily digested form, flavor, aromaforming compounds, as well as sugar (34.0-48.0%), fibre (20.0-35.1%), pectin (3.7-4.8%), vitamins (C 6.4-3.5 mg/100 g, P 28.9-50.6 mg/100 g) and minerals (potassium, calcium, magnesium), able to complement and reinforce the functional significance of the major components, giving the medical quality of the final product. All analyses for the study of chemical indicators of quality of raw material and canned foods, conducted using titrimetric, photometric, spectrophotometric methods on existing Standards. Each of the developed functional products can meet the daily requirement for vitamins and pectin by 15% or more. Introduction in the food industry of technologies aimed at the integrated use of secondary raw materials of juice production, is a reserve for obtaining additional food products and increasing their nutritional value.

Keywords: apple pomace, powder, vitamins, chemical composition, technological features, new types of products.

Введение

Мировой рынок лечебно-профилактического питания оценивается в 18 млрд. долларов США. Этот сегмент динамично развивается в мире. Рынок функциональных продуктов

США является самым крупным, его доля в общем объеме составляет по разным оценкам от 35 до 50%. На европейском рынке лидерство по производству и потреблению функциональных продуктов занимают Германия, Франция, Великобритания, Нидерланды [1–4].

Для цитирования

Дрофичева Н.В., Причко Т.Г. Функциональные продукты питания с использованием компонентов вторичного сырья сокового производства // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 134–139. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-134-139

For citation

Droficheva N.V., Prichko T.G. Functional food products with components of secondary raw materials of juice production. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 134–139. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-134-139

Об актуальности исследований, направленных на развитие технологий производства функциональных продуктов, свидетельствует ряд документов, принятых в Российской Федерации. Последние из которых – это Стратегия повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 гг., утвержденная 29 июня 2016 г., ориентированная на обеспечение полноценного питания, профилактику заболеваний и повышение качества жизни населения, а также стимулирование развития производства функциональных продуктов надлежащего качества. На российском рынке пищевых продуктов сравнительно высокими темпами растет инновационная научно-исследовательская активность, подтверждающая необходимость разработки новых специализированных изделий, имеющих лечебно-профилактическое назначение [5,12]. Краснодарский край благодаря благоприятным почвенно-климатическим условиям традиционно является крупнейшим производителем яблок, которые используются как в свежем, так и в консервированном виде. Огромный сегмент для исследований представляет вторичное сырье сокового производства. При переработке яблок на сок остаётся до 30,0–45,0% выжимок, в составе которых остаётся достаточно много полезных веществ, имеющих лечебно-профилактическую значимость для организма. По сравнению с исходным сырьем выжимки отличаются более высоким содержанием пектина, количество которого в зависимости от используемого сырья варьирует от 1,1 до 1,5% [6, 7].

Значительную физиологическую роль играют витамины и полифенолы, которые частично сохраняются в выжимках при переработке яблок. В их числе – лейкоантоцианы и мономерные соединения фенола – группа окислительных кислот (галловая), производные коричной кислоты (кофейная, хлорогеновая), обладающие Р-витаминной активностью. Мелкодисперсная структура и большая площадь поверхности порошков позволяет нейтрализовать и вывести из организма продукты обмена, токсины, бактерии и тяжёлые металлы, выполняя функцию биосорбентов за счет своих комплексообразующих свойств [8].

В настоящее время пищевая промышленность остро нуждается в переработке вторичного сырья сокового производства на универсальные порошки, которые могут быть широко использованы в виде: наполнителей, сырья для различных концентратов, кондитерских изделий, как компоненты функциональных продуктов целенаправленного назначения, добавок при приготовлении питания всех групп населения [9, 10].

Материалы и методы

В исследовании находились: порошок яблочный, полученный из вторичного сырья сокового производства, новые виды консервной продукции с добавлением яблочного порошка.

Определение химических показателей качества проводили с использованием титриметрических, фотометрических, спектрофотометрических методов анализа, в том числе: растворимые сухие вещества – по ГОСТ 29030-91; общие сахара – по ГОСТ 8756-13.87; полифенольный состав – по методике Л.И. Вигорова, Р-активные вещества – труды III семинара по БАВ, Свердловск, 1972; витамин С – по А.И. Ермакову; титруемые кислоты – по ГОСТ 25555.0-82; фракционный состав сахаров (Д-глюкоза и Д-фруктоза) – по ГОСТ Р 51440-99; пектиновые вещества – карбазольным методом в модификации Сапожниковой. Ретроспективные исследования проведены на всех этапах переработки вторичного сырья, включая готовую продукцию.

При проектировании рецептурной композиции функциональных продуктов применен проблемно-ориентированный подход, позволяющий решать задачи совмещения удовлетворения медико-биологических требований и соблюдения основных технологических принципов при обогащении пищевых продуктов эссенциальными нутриентами путем моделирования и конструирования пищевых систем. Математическое моделирование рецептурных композиций проводили при помощи составления балансовых уравнений на каждый вид продукции.

Результаты и обсуждение

Получен порошок яблочный из вторичного сырья сокового производства, который использовали как компонент функциональных продуктов. Результаты испытаний показали, что для увеличения выхода биологически активных веществ (БАВ) в легкоусвояемой форме в порошке яблочную выжимку необходимо высушить на инфракрасной (ИК) сушилке, измельчить и отправить на универсальный классификатор, который способствует лучшей экстракции моносахаров, пектина, макро- и микроэлементов и делит ее на фракции в зависимости от дальнейшего применения. Использование ИК-сушилки позволяет разрушить цитоплазматические оболочки плодовых клеток, при этом не наблюдаются процессы деполимеризации пектиновых соединений, что обеспечивает высокую желеобразующую способность студнеобразующей фракции порошка. Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Показатели качества порошка яблочного после первого и второго уровня классификатора

Table 1.

Apple powder quality indicators after the first and second level classifier

Наименование показателей Name of indicators	Единицы измерений Units of measurement	Содержание в выжимке The contents in the squeeze		
		до классификатора Before classifier	после 1 уровня классификатора After level 1 of the classifier	после 2 уровня классификатора After level 2 of the classifier
Сахароза Sucrose	%	4,6	2,2	0,2
Фруктоза Fructose		5,8	17,4	24,4
Глюкоза Glucose		3,4	13,7	22,8
Сахар общий Total sugar		4,2	34,0	48,0
Клетчатка Cellulose	%	35,1	34,0	20,0
Пектин Pectin	%	3,7	4,6	4,8
Желирующая способность Gelling ability	мм. рт. ст. mm.rt.st.	160,0	240,0	280,0

При помощи универсального классификатора осуществляется подбор горизонтальных и вертикальных частот вибрации сеток-мембран с разными пропускными отверстиями, где происходит вначале основное отделение включений (плодоножек, семян), а затем в других дифференциально-проницаемых мембранах идет резкое ослабление молекулярных связей в высокомолекулярных соединениях выжимок. Измельченный сухой продукт разделяется на фракции по принципу резонанса, который наступает при совпадении внешней (возбуждающей) генерируемой с внутренней частотой всей колебательной системы.

Таким образом, усовершенствованная технологическая схема позволяет получить три фракции порошка разного назначения – для получения нектаров, хлебобулочных изделий (с высоким содержанием сахаров, пектина), фракции порошка с высокими желирующими свойствами (для подварок, повидла), и небольшая фракция утилизируемых балластных веществ [10, 11].

В зависимости от используемого сырья порошок содержит не менее 78,0% сухих веществ и не менее 44,2% общих сахаров. Биохимические показатели качества приведены в таблице 2.

Фракционный состав сахаров представлен в основном моносахарами – фруктозой и глюкозой (таблица 3).

Таблица 2.

Химический состав порошка из вторичного сырья сокового производства

Table 2.

Chemical composition of recycled powder juice production

Наименование показателей Name of indicators	Значение показателей Value of indicator			Коэффициент вариации Coefficient of variation
	min	max	среднее medium	
Общие сухие вещества, % The common things of substance	78,0	82,0	80,0	2,5
Общий сахар, % Total sugar	44,2	70,0	60,0	15,9
Общая кислотность, % Total acidity	0,50	1,1	0,75	6,6
Витамин С, мг/100г Ascorbic acid, mg/100g	3,5	6,4	5,7	5,5
Витамин Р, мг/100г Vitamin P, mg/100g	28,9	50,6	39,9	12,2
Сумма пектиновых веществ, % The amount of pectin	3,7	6,0	5,3	14,0
Клетчатка, % Celulose	15,0	20,0	17,5	6,8
Минеральный состав, мг/100 г Mineral composition, mg/100g				
Калий Potassium	1011,9	100,0	1055,4	64,4
Кальций Calcium	513,2	544,4	528,8	25,8
Магний Magnesium	119,4	128,4	124,0	12,6

Фракционный состав сахаров порошка из вторичного сырья сокового производства

Table 3.

Fractional composition of sugars recycled powder juice production

Наименование показателей Name of indicators	Значение показателей Value of indicator		
	min	max	среднее medium
Фруктоза, % Fructose	12,8	20,8	16,8
Глюкоза, % Glucose	10,8	22,5	16,7
Сахароза, % Sucrose	7,0	9,6	8,4

Для производства порошка предусмотрено использование яблочных выжимок с высоким содержанием пектина (более 1,0%), полученных из яблок сортов позднего срока созревания – Ренет Кубанский, Ренет Симиренко, Айдаред, Прикубанское. Применение таких порошков в консервном производстве уменьшает потребность в сахаре, лимонной кислоте и других видах сырья, сокращая их нормы расхода. Одним из перспективных направлений создания

продуктов повышенной биологической ценности является изготовление напитков, нектаров, десертов [5, 11]. С целью повышения эффективности использования яблочного порошка были разработаны модели рецептурных композиции и созданы опытные партии консервной продукции, на которые составлены балансовые уравнения по содержанию функционально значимых компонентов. Один из них – «Фитонектар «Плодовый» – представлен в таблице 4

Таблица 4.

Химический состав рецептурных ингредиентов продукта «Фитонектар «Плодовый»

Table 4.

Chemical composition of prescription product ingredients "Fitonektar" Fruit"

Ингредиенты Ingredients	Массовая доля, % Mass fraction	Биохимические показатели, мг/100 г Biochemical parameters, mg/100g			Пектин. вещества, % Pectin substances
		Витамин С Ascorbic acid	Витамин Р Vitamin P	Общие полифенолы Total polyphenols	
Пюре из плодов вишни, X ₁ Puree from cherry	30,0	12,0	44,0	93,5	0,66
Околоплодник ореха протёртый, X ₂ Pericarpwal nut srubbed	10,0	432,0	100,0	80,0	1,1
Плодовый сироп (50 %), X ₃ Fruit syrup	55,0	12,0	18,8	42,6	0,16
Порошок яблочный, X ₄ Apple powder	5,0	5,8	22,0	37,4	6,0
Балансовые уравнения по содержанию функционально значимых компонентов в готовом продукте Balance equations for the content of functionally significant components in the finished product	По пектину: $0,007X_1 + 0,01X_2 + 0,001X_4 + 0,6X_3 = 3,35\%$ By pectin, % По витамину С: $0,12X_1 + 4,32X_2 + 0,12X_3 + 0,6X_4 = 48,9 \text{ мг/100 г}$. By ascorbic acid, mg/100g По витамину Р: $0,4X_1 + 1,0X_2 + 0,18X_3 + 0,22X_4 = 41,7 \text{ мг/100 г}$. By vitamin P, mg/100g По общим полифенолам: $0,9X_1 + 0,8X_2 + 0,4X_3 + 0,37X_4 = 72,5 \text{ мг/100г}$ total polyphenols, mg/100g				

Главным критерием создания нового вида продукции является оптимальный подбор компонентов рецептурной композиции, производимый по максимальным значениям витаминного состава, пектиновых, полифенольных и минеральных веществ. Достигли эту цель путём использования пюре из вишни, полифенольный состав которой в комплексе с биофлавоноидами околоплодника ореха грецкого, порошка из яблочных выжимок способствует обогащению

готового продукта необходимыми компонентами, обеспечивает синергетический эффект, дополняя пищевые и лечебно-профилактические качества готового продукта, что обеспечивается внесением в композицию вышеуказанных ингредиентов. По физико-техническим показателям готовый продукт соответствует нормам, предъявляемым к напиткам, сокам, нектарам, и наряду с высокими химическими показателями отличается высокими органолептическими свойствами [11].

Экономический эффект получен за счет введения в рецептурные композиции плодов с высоким содержанием сахаров, сиропа плодового, который является вторичным сырьем после цукатов, а также порошка яблочного, что позволяет получить консервную продукцию заданного качества и снизить норму расхода сырья и материалов (сахара) на производство 1 туб. консервов.

При разработке технологической схемы консервов «Десерт землянично-ореховый»

были учтены особенности химического состава основного и вспомогательного сырья и различные соотношения компонентов, по результатам которых была скомпонована рецептурная композиция нового вида функциональных продуктов питания.

Исследования по подбору компонентов рецептурной композиции «Десерт землянично-ореховый» показали, что максимально приближен по химическому составу и органолептическим показателям вариант № 1, представлены в таблице 5.

Таблица 5.

Оптимизация рецептурной композиции консервов «Десерт землянично-ореховый»

Table 5.

Optimizing of prescription composition of canned food "Dessert Strawberry-walnut"

Наименование компонентов Name of components	Варианты рецептур Recipe options			
	I	II	III	IV
	Рецептура компонентов, % Formulation of components			
Земляника протёртая Strawberries grated	74,0	78,0	80,0	72,0
Орех грецкий в потребительской зрелости Walnut in consumer maturity	2,0	4,0	2,5	2,2
Орех грецкий в молочной зрелости, протёртый Walnut in milk maturity rubbed	1,5	0,5	2,0	2,0
Сок концентрированный из брусники The concentrated juice from cranberries	0,48	-	0,5	1,0
Порошок яблочный Apple powder	2,5	5,0	4,0	2,0
Сахар Sugar	19,5	12,3	10,8	-
Кислота лимонная Citric acid	0,2	0,2	0,2	0,2

Заключение

Разработка и внедрение продуктов функциональной направленности с использованием вторичных пищевых отходов, позволяет придать им лечебно-профилактические свойства. Внедрение безотходной технологии получения фруктовых сахаросодержащих мелкодисперсных порошков имеет большой экономический

эффект, т. к. способствует снижению на 10–15% норм расхода сырья на производство продукции. Технологические исследования новых видов консервов показали, что внесение тонкодисперсного порошка способствует обогащению готовой продукции до 15–20% витаминами, полифенолами, пектином, способными обеспечить суточную норму их потребления и придать продуктам лечебно-профилактические свойства.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Verschuren P.M. Functional Foods: Scientific and Global Perspectives (Summary Report) // British J. Nutrition. 2016. V. 88. № 2.P. 125–130.
- 2 Da-Wen Sun, Hongbin Pu Functionalization techniques for improving SERB substrates and their applications in food safety evaluation // Food Science and Tehnology. 2018. V. 72. P. 162–174.
- 3 Crosier H.E., Brownell L.E. Washing in porous media // Ind. Eng. Chem. 2001. V. 44. № 3. P. 631–635.
- 4 Schaafsma G., Korstanje R. The Functional Drinks Prophecy // World Food Ingredients. 2004. P. 44–48.
- 5 Sueli R., Fabiano A.N.F., Juan A.A.M. Development of dried probiotic apple cubes incorporated with Lactobacillus casei NRRL B – 442 // Journal of Functional Foods. 2018. P. 48–54.
- 6 Дрофичева Н.В. Особенности биохимического состава плодов яблонь, произрастающих в Краснодарском крае // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2012. № 4. С. 39–41. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17929259>

- 7 Belitz H., Grosch W., Schieberle P. Fruits and Fruit Products // Food Chemistry Springer. 2009. № 3. P. 807–861.

- 8 Dimitrios B. Sources of natural phenolic antioxidants // Trends in Food Science & Technology, 2006. P. 505–512.

- 9 Избасаров Д.С., Снежкин Ю.Ф Производство фруктовых порошков из цельных яблок и сухофруктов. Рекомендации. Алма-Ата: Кайнар, 1988. 26 с.

- 10 Причко Т.Г., Дрофичева Н.В. Использование перспективных сортов яблок в технологии продуктов питания с функциональной значимостью // Пищевая промышленность. 2015. № 1. С. 26–28. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23052374>

- 11 Причко Т.Г., Германова М.Г., Смелик Т.Л. Интенсификация технологического процесса выработки порошка яблочного из вторичного сырья сокового производства // Научные труды ФГБНУ СКФНЦСВВ. Современные методы и способы повышения эффективности отраслевого производства. Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2017. С. 155–159. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29372643>

12 Пашенко Л.П., Пашенко В.Л. Вторичное растительное сырье - биологически активная составляющая для создания продуктов питания нового поколения // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2012. № 1 (51). С. 100-106.

REFERENCES

1 Verschuren P.M. Functional Foods: Scientific and Global Perspectives (Summary Report). British J. Nutrition. 2016. vol. 88. no. 2. pp. 125-130.

2 Da-Wen Sun, Hongbin Pu Functionalization techniques for improving SERB substrates and their applications in food safety evaluation. Food Science and Technology. 2018. vol. 72. pp. 162-174.

3 Crosier H.E., Brownell L.E. Washing in porous media. Ind. Eng. Chem. 2001. vol. 44. no. 3. pp. 631-635.

4 Schaafsma G., Korstanje R. The Functional Drinks Prophecy. World Food Ingredients. 2004. pp. 44-48.

5 Sueli R., Fabiano A.N.F., Juan A.A.M. Development of dried probiotic apple cubes incorporated with Lactobacillus casei NRRL B - 442. Journal of Functional Foods. 2018. pp. 48-54.

6 Droficheva N.V. Features of the biochemical composition of apple fruit growing in the Krasnodar Territory. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya* [News of higher educational institutions. Food technology] 2012. no. 4. pp. 39-41. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17929259> (in Russian)

7 Belitz H., Grosch W., Schieberle P. Fruits and Fruit Products. Food Chemistry Springer. 2009. no. 3. pp. 807-861.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Наталья В. Дрофичева к.т.н., н.с., лаборатория хранения и переработки плодов и ягод, Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства виноделия, 40-летия Победы 39, г. Краснодар, 350901, Россия, drofichevanata@yandex.ru

Татьяна Г. Причко доктор с.-х. наук, профессор, зав. ФНЦ «Садоводство», Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства виноделия, 40-летия Победы 39, г. Краснодар, 350901, Россия, prichko@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Наталья В. Дрофичева обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты, написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Татьяна Г. Причко консультация в ходе исследования, написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 12.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 19.08.2018

8 Dimitrios B. Sources of natural phenolic antioxidants. Trends in Food Science & Technology, 2006. pp. 505-512.

9 Izbasarov D.S., Snezhkin Yu. F. *Proizvodstvo fruktovyh poroshkov iz cel'nyh yablok i suhofruktoy* [Production of fruit powders from whole apples and dried fruits. Recommendations] Alma-Ata, Kainar. 1988. 26 p. (in Russian)

10 Prichko T.G., Droficheva N.V. Use of perspective varieties of apples in food technology with functional significance. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry] 2015. no. 1. pp. 26-28. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23052374> (in Russian)

11 Prichko T.G., Germanova M.G., Smelik T.L. Intensification of the technological process for the production of apple powder from the secondary raw materials of juice production. Nauchnye trudy FGBNU SKFNCSSV. *Sovremennyye metody i sposoby povysheniya effektivnosti otraslevogo proizvodstva* [Scientific Works of the Federal State Biological University of Ukraine. Modern methods and ways to improve the efficiency of industrial production] Krasnodar, 2017. vol. 13. pp. 155-159. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29372643> (in Russian)

12 Paschenko L.P., Paschenko V.L. Secondary plant material - the biologically active component for the creation of a new generation of food. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tekhnologij* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies] 2012. no. 1. pp. 100-106. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Natal'ya V. Droficheva Cand. Sci. (Engin.), research scientist, laboratory of storage and processing of fruits and berries, of the North Caucasus federal scientific centre for horticulture, viticulture winemaking, Krasnodar, 350901, 40th anniversary of Victory, 39, drofichevanata@yandex.ru

Tatyana G. Prichko Dr. Sci. (Agr.), head of the FNC "Gardening", of the North Caucasus federal scientific centre for horticulture, viticulture winemaking, Krasnodar, 350901, 40th anniversary of Victory, 39, prichko@yandex.ru

CONTRIBUTION

Natal'ya V. Droficheva review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations, wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism.

Tatyana G. Prichko consultation during the study, wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 12.7.2018

ACCEPTED 8.19.2018

Влияние консорциумов молочнокислых микроорганизмов на динамику активной и титруемой кислотности на основном этапе ферментации белокочанной капусты

Наталья Е. Посокина¹ labtech45@yandex.ru
Екатерина С. Шишлова¹ tirina.k@yandex.ru
Анна И. Захарова¹ anya.ayna@gmail.ru

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования, ул. Школьная, 78, г. Видное, 142703, Россия

Реферат. Ферментированная капуста традиционно производится естественным путем, где под действием молочнокислых бактерий, содержащихся в сырье, углеводы преобразуются в молочную кислоту. Однако непосредственный процесс ферментации не всегда приводит к продукту оптимального качества. Именно поэтому использование молочнокислых микроорганизмов является хорошей альтернативой непосредственной ферментации капусты, так как с помощью заквасок процессом можно управлять. В связи с этим применение штаммов молочнокислых микроорганизмов позволяет достигнуть быстрого производства молочных и уксусных кислот и ведет к быстрому снижению pH, что в свою очередь приводит к подавлению патогенной микрофлоры, и, следовательно, к созданию благоприятных условий для протекания процесса ферментации. Целью данного исследования являлось изучение влияния консорциумов молочнокислых микроорганизмов на динамику активной и титруемой кислотности в процессе основного этапа ферментации белокочанной капусты сорта «Парус». Для исследования использовали подготовленную модифицированную модельную среду (MMC) из капусты. В данной работе использовали молочнокислые микроорганизмы *Leuconostoc mesenteroides* и его консорциумы: *L. mesenteroides* + *L. casei*, *L. mesenteroides* + *L. plantarum*, *L. mesenteroides* + *L. brevis*, *L. mesenteroides* + *L. casei* + *L. plantarum*, *L. mesenteroides* + *L. plantarum* + *L. brevis*, *L. mesenteroides* + *L. brevis* + *L. casei*. По полученным экспериментальным данным была проведена математическая обработка. Анализ экспериментальных данных показал, что на основном этапе ферментации взаимосвязь молочнокислых микроорганизмов в исследуемых консорциумах была выражена синергическими и антагонистическими свойствами. При этом наиболее лучшие результаты по динамике роста активной и титруемой кислотности были получены в консорциумах *L. mesenteroides* + *L. plantarum*, *L. mesenteroides* + *L. casei* + *L. plantarum*, *L. mesenteroides* + *L. plantarum* + *L. brevis*.

Ключевые слова: молочнокислые бактерии, белокочанная капуста, консорциумы, ферментация, модифицированная модельная среда, математическая обработка данных, динамика титруемой и активной кислотности.

Influence of consortia of lactic acid microorganisms on the dynamics of active and titratable acidity at the main stage of fermentation of white cabbage

Natalia E. Posokina¹ labtech45@yandex.ru
Ekaterina S. Shishlova¹ tirina.k@yandex.ru
Anna I. Zakharova¹ anya.ayna@gmail.ru

¹ Russian Research Institute of Canning Technology, Shkolnaya Street, 78, Vidnoe, Moscow region, 142703, Russia

Summary. Fermented cabbage is traditionally produced naturally, where under the action of lactic acid bacteria contained in raw materials, carbohydrates are converted into lactic acid. However, the direct fermentation process does not always lead to an optimal quality product. That is why the use of lactic acid microorganisms is a good alternative to the direct fermentation of cabbage, as with the help of starter cultures the process can be controlled. In this connection, the use of strains of lactic acid microorganisms allows to achieve rapid production of lactic and acetic acids and leads to a rapid decrease in pH, which in turn leads to the suppression of pathogenic microflora, and therefore to the creation of favorable conditions for the fermentation process. The aim of this study was to study the effect of consortia of lactic acid microorganisms on the dynamics of active and titratable acidity in the main stage of fermentation of white cabbage of the variety "Parus". For the study, the prepared modified model medium (MMC) from cabbage was used. In this work, we used lactic acid bacteria *Leuconostoc mesenteroides* and its consortia: *L. mesenteroides* + *L. casei*, *L. mesenteroides* + *L. plantarum*, *L. mesenteroides* + *L. brevis*, *L. mesenteroides* + *L. casei* + *L. plantarum*, *L. mesenteroides* + *L. plantarum* + *L. brevis*, *L. mesenteroides* + *L. brevis* + *L. casei*. Mathematical processing was carried out according to the obtained experimental data. Analysis of experimental data showed that at the main stage of fermentation the relationship of lactic acid microorganisms in the studied consortia was expressed by synergistic and antagonistic properties. In this case, the best results on the dynamics of growth of active and titratable acidity were obtained in consortiums *L. mesenteroides* + *L. plantarum*, *L. mesenteroides* + *L. casei* + *L. plantarum*, *L. mesenteroides* + *L. plantarum* + *L. brevis*.

Keywords: lactic acid bacteria, white cabbage, consortiums, fermentation, modified model environment, mathematical data processing, dynamics of active and titratable acidity.

Для цитирования

Посокина Н.Е., Шишлова Е.С., Захарова А.И. // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 140–147. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-140-147

For citation

Influence of consortia of lactic acid microorganisms on the dynamics of active and titratable acidity at the main stage of fermentation of white cabbage. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 140–147. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-140-147

Введение

Традиционно квашеная капуста производится естественным брожением, в котором молочнокислые бактерии, первоначально существующие в сырье капусты, ответственны за процесс брожения [1]. Однако существуют риски, связанные с непосредственным брожением квашеной капусты, поскольку процесс брожения не всегда приводит к получению продукта оптимального качества. В связи с этим использование молочнокислых микроорганизмов является хорошей альтернативой непосредственному (дикому) брожению квашеной капусты, так как при помощи заквасок процессом можно управлять [2].

Род молочнокислых микроорганизмов *Leuconostoc* – грамположительные, неспорообразующие, неподвижные, гетероферментативные факультативно-анаэробные кокки, широко распространенные в окружающей среде, включая почву и растения [3]. Они в процессе своей жизнедеятельности продуцируют молочную и уксусную кислоту, углекислый газ, этиловый спирт, декстран и эфиры. Чаще всего имеют форму овалов, могут образовывать цепочки. Оптимальная температура для роста 20–30 °C, но рост может происходить между 5 и 35 °C [4].

Применение штаммов молочнокислых микроорганизмов позволяет достигнуть быстрого нарастания молочной и уксусной кислот, и, следовательно, к быстрому снижению pH [5]. В соответствии с международными нормами, безопасной с точки зрения развития *Cl. botulinum* является среда с $\text{pH} \leq 4,6$, а по российским нормам $\text{pH} \leq 4,2$. Быстрое достижение указанных значений активной кислотности приводит к значительному уменьшению отрицательных эффектов, вызванных возможными патогенами и другими нежелательными микроорганизмами, существующими в сырье [6-10]. При этом ферментированная капуста будет иметь хорошие микробиологические и органолептические показатели качества. Именно поэтому очень важным представляется изучение процесса направленной ферментации белокочанной капусты с использованием штаммов молочнокислых микроорганизмов и выявления наиболее перспективных видов, позволяющих в кратчайшие сроки достичь безопасного уровня активной кислотности.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования использовали молочнокислые микроорганизмы вида *Leuconostoc mesenteroides* и его консорциумы.

Модельную среду для исследований готовили следующим образом: очистка, мойка, шинкование, бланширование, гомогенизация белокочанной капусты. Затем образцы герметично укупоривали для устранения посторонней микрофлоры при 1 атм. в течение 20 мин. После охлаждения подготовленные образцы инокулировали *Leuconostoc mesenteroides* (Титр $5,6 \times 10^3$). По истечении 3-х полных суток ферментации, в модельную среду, инокулированную *Leuconostoc mesenteroides* вносили молочнокислые микроорганизмы. В итоге получились следующие консорциумы:

L. mesenteroides + *L. casei*
(Титр $5,6 \times 10^3 + 2,8 \times 10^4$),

L. mesenteroides + *L. plantarum*
(Титр $5,6 \times 10^3 + 1,1 \times 10^4$),

L. mesenteroides + *L. brevis*
(Титр $5,6 \times 10^3 + 5,4 \times 10^4$),

L. mesenteroides + *L. casei* + *L. plantarum*
(Титр $5,6 \times 10^3 + 2,0 \times 10^4$),

L. mesenteroides + *L. plantarum* + *L. brevis*
(Титр $5,6 \times 10^3 + 3,3 \times 10^4$),

L. mesenteroides + *L. brevis* + *L. casei*
(Титр $5,6 \times 10^3 + 4,1 \times 10^4$).

При этом, для получения модифицированной модельной среды (ММС), к базовой модельной среде добавляли 1,5 % соли и 15 мг аскорбиновой кислоты на 100 г. измельченной капусты.

Квашение капусты (ферментацию) проводили по ГОСТ Р 53972 - 2010.

Отбор проб по культуре *L. mesenteroides* проводили в течение 0–1–2–3–7–10 суток, а по консорциумам молочнокислых микроорганизмов – в течение 4–5–6–11–15–20–29 суток ферментации.

Активную кислотность определяли по ГОСТ 26188 - 84, а титруемую кислотность определяли по ГОСТ ISO 750 - 2013.

Математическую обработку экспериментальных данных проводили в программе Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

По полученным экспериментальным данным, представленным на рисунке 1 видно, что при культивировании *L. mesenteroides* в ММС кривая, описывающая динамику pH от продолжительности ферментации, в начале процесса демонстрирует выраженное уменьшение в течение первых двух суток, с последующим переходом в зону плато. При данных условиях граничное значение $\text{pH} \leq 4,6$ было достигнуто практически сразу после начала процесса, а значение $\text{pH} \leq 4,2$ было достигнуто уже в течение первых суток. При этом в интервале от 0 до 2 суток отмечена высокая интенсивность нарастания титруемой кислотности.

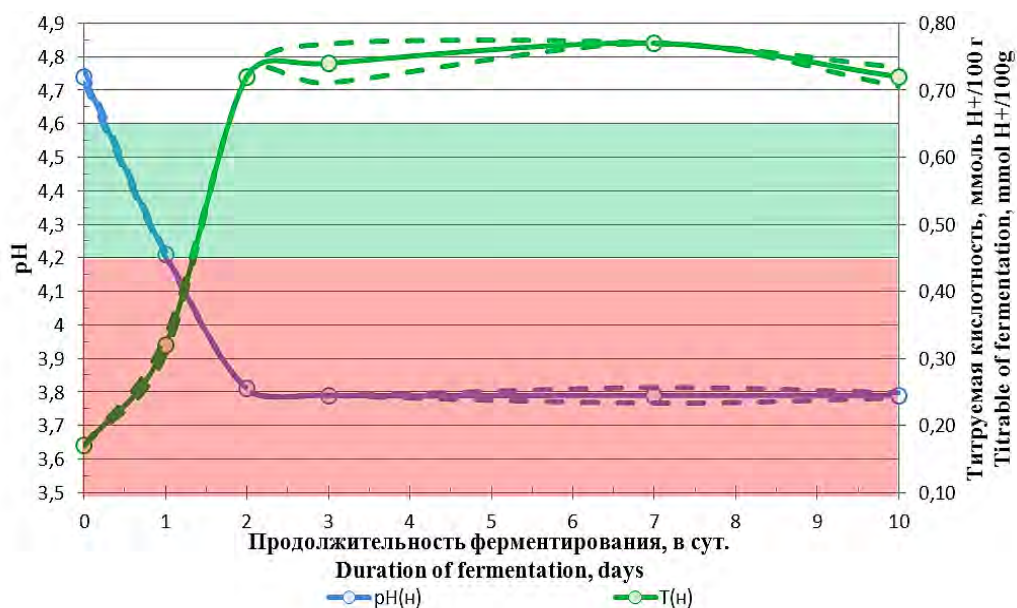


Рисунок 1. Динамика активной и титруемой кислотности в ММС с добавлением молочнокислых бактерий *L. mesenteroides* в процессе ферментирования в зависимости от времени

Figure 1. Dynamics of active and titratable acidity in MMS with addition of lactic acid bacteria *L. mesenteroides* in the process of fermentation, depending on time

Показатели по динамике активной и титруемой кислотности в консорциумах на основном этапе ферментации (представлены в таблице 1):

L. mesenteroides + *L. casei*,
L. mesenteroides + *L. plantarum*,
L. mesenteroides + *L. brevis*,
L. mesenteroides + *L. casei* + *L. plantarum*,

L. mesenteroides + *L. plantarum* + *L. brevis*,
L. mesenteroides + *L. brevis* + *L. casei*

На рисунке 2 показана динамика активной и титруемой кислотности в ММС с добавлением консорциума молочнокислых микроорганизмов *L. mesenteroides* + *L. casei* в процессе ферментирования в зависимости от времени.

Таблица 1.

Активная и титруемая кислотность в консорциумах в процессе ферментирования в зависимости от времени

Table 1.

Active and titratable acidity in consortia during fermentation depending on the time

Наименование образца The name of the sample	Продолжительность ферментации, сутки Duration of fermentation, days	pH	Кислотность Acidity
<i>L. mesenteroides</i> + <i>L. casei</i>	4	3,76 ±0,014	0,75 ±0,038
	5	3,78 ±0,014	0,76 ±0
	6	3,79 ±0,014	0,65 ±0,029
	11	3,77 ±0,014	0,74 ±0,029
	15	3,77 ±0	0,74 ±0,029
	20	3,76 ±0,014	0,78 ±0,038
	29	3,81 ±0	0,77 ±0,029
<i>L. mesenteroides</i> + <i>L. plantarum</i>	4	3,78 ±0	0,77 ±0,014
	5	3,77 ±0,025	0,75 ±0
	6	3,78 ±0	0,66 ±0
	11	3,73 ±0,014	0,81 ±0,014
	15	3,72 ±0,014	0,90 ±0
	20	3,67 ±0,025	0,98 ±0,052
	29	3,74 ±0,014	0,91 ±0,014

	Продолжение табл. 1	Continuation of table 1	
<i>L. mesenteroides</i> + <i>L. brevis</i>	4	3,78 ± 0,01	0,73 ± 0,004
	5	3,78 ± 0,01	0,71 ± 0,014
	6	3,78 ± 0,01	0,72 ± 0,014
	11	3,77 ± 0,01	0,74 ± 0,014
	15	3,76 ± 0,01	0,74 ± 0,029
	20	3,76 ± 0,01	0,74 ± 0,02
	29	3,8 ± 0,01	0,81 ± 0,004
<i>L. mesenteroides</i> + <i>L. casei</i> + <i>L. plantarum</i>	4	3,77 ± 0	0,75 ± 0
	5	3,77 ± 0,014	0,70 ± 0,029
	6	3,78 ± 0,014	0,79 ± 0,029
	11	3,73 ± 0,014	0,90 ± 0,014
	15	3,73 ± 0,014	0,82 ± 0
	20	3,67 ± 0,025	0,99 ± 0,029
	29	3,7 ± 0	1,0 ± 0,014
<i>L. mesenteroides</i> + <i>L. plantarum</i> + <i>L. brevis</i>	4	3,78 ± 0	0,68 ± 0,025
	5	3,79 ± 0,014	0,68 ± 0,014
	6	3,77 ± 0	0,59 ± 0
	11	3,75 ± 0	0,73 ± 0
	15	3,72 ± 0,014	0,84 ± 0
	20	3,72 ± 0,025	0,87 ± 0,038
	29	3,72 ± 0	1,00 ± 0
<i>L. mesenteroides</i> + <i>L. brevis</i> + <i>L. casei</i>	4	3,77 ± 0	0,76 ± 0,014
	5	3,76 ± 0	0,75 ± 0,029
	6	3,77 ± 0	0,68 ± 0,014
	11	3,77 ± 0	0,81 ± 0,014
	15	3,76 ± 0,014	0,75 ± 0,014
	20	3,78 ± 0	0,68 ± 0,014
	29	3,79 ± 0,014	0,76 ± 0

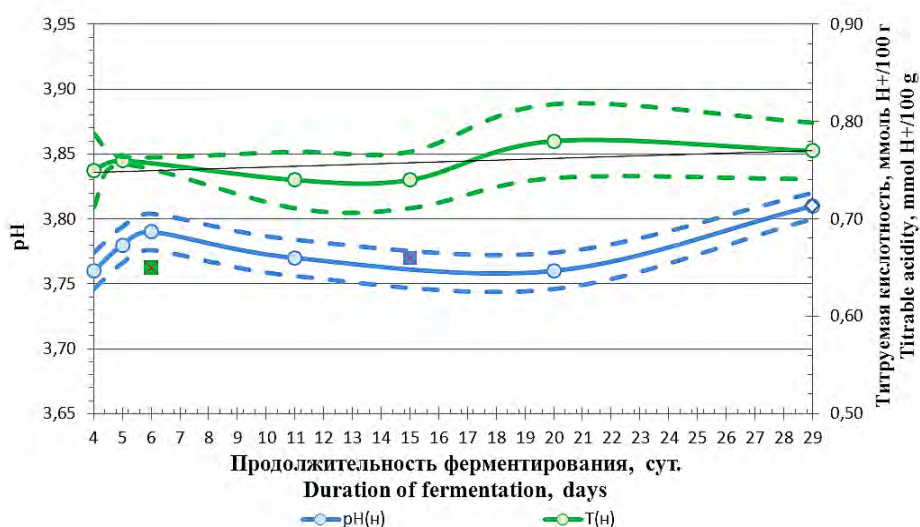


Рисунок 2. Динамика активной и титруемой кислотности в ММС с добавлением молочнокислых микроорганизмов *L. mesenteroides* + *L. casei* в процессе ферментирования в зависимости от времени

Figure 2. Dynamics of active and titratable acidity in MMS with addition of lactic acid microorganisms *L. mesenteroides* + *L. casei* in the process of fermentation depending on time

При культивировании консорциумом *L. mesenteroides* + *L. casei* в ММС кривая, описывающая динамику pH от продолжительности ферментации, демонстрирует в начале процесса ферментации небольшой рост с 4 по 6 сутки, с последующим переходом в зону плато. При этом кривая, описывающая динамику титруемой кислотности, в начале процесса находится в зоне

плато, затем возрастает с 15 по 20 сутки, после чего снова переходит в зону плато.

На рисунке 3 показана динамика активной и титруемой кислотности в ММС с добавлением консорциума молочнокислых микроорганизмов *L. mesenteroides* + *L. plantarum* в процессе ферментирования в зависимости от времени.

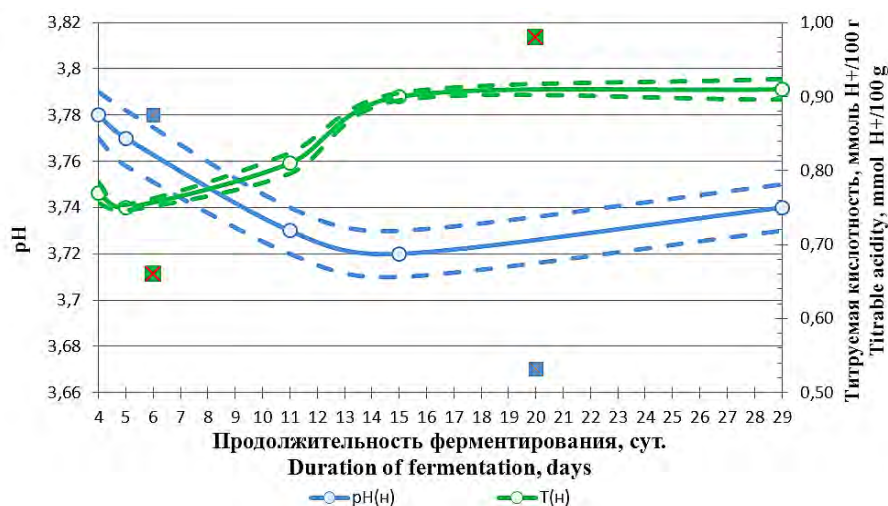


Рисунок 3. Динамика активной и титруемой кислотности в ММС с добавлением молочнокислых микроорганизмов *L. mesenteroides* + *L. plantarum* в процессе ферментирования в зависимости от времени

Figure 3. Dynamics of active and titratable acidity in MMS with addition of lactic acid microorganisms *L. mesenteroides* + *L. plantarum* in the process of fermentation depending on time

При культивировании консорциумом *L. mesenteroides* + *L. plantarum* в ММС кривая, описывающая динамику pH от продолжительности ферментации, демонстрирует в начале процесса ферментации плавное снижение до 13 суток, с последующим переходом в зону плато. При этом кривая, описывающая динамику титруемой кислотности в начале процесса

находится в зоне плато, затем возрастает с 5 по 15 сутки и плавно переходит в зону плато.

На рисунке 4 показана динамика активной и титруемой кислотности в модифицированной модельной среде с добавлением консорциума молочнокислых микроорганизмов *L. mesenteroides* + *L. brevis* в процессе ферментирования в зависимости от времени.

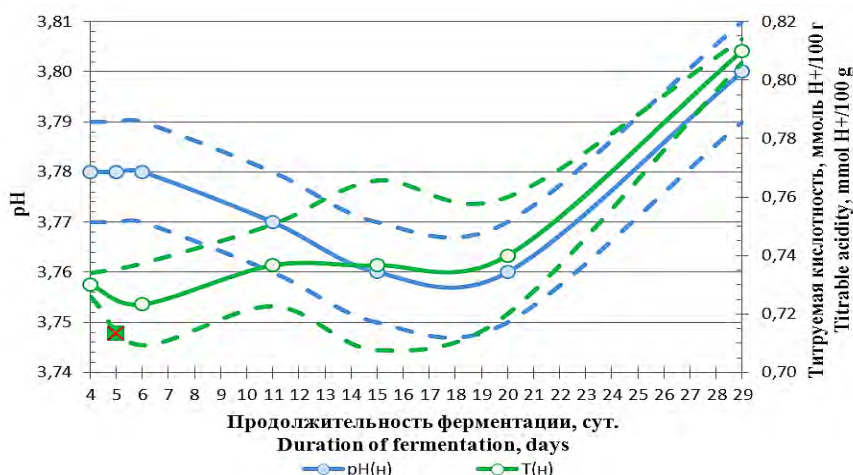


Рисунок 4. Динамика активной и титруемой кислотности в ММС с добавлением консорциума молочнокислых микроорганизмов *L. mesenteroides* + *L. brevis* в процессе ферментирования в зависимости от времени

Figure 4. Dynamics of active and titratable acidity in MMS with addition of a consortium of lactic acid microorganisms *L. mesenteroides* + *L. brevis* in the fermentation process, depending on time

При культивировании консорциумом *L. mesenteroides* + *L. brevis* в ММС кривая, описывающая динамику pH от продолжительности ферментации, демонстрирует в начале процесса ферментации плавное уменьшение в течение 18 суток, после чего происходит плавный рост в интервале от 18 по 29 сутки. При этом кривая, описывающая динамику титруемой кислотности, в начале процесса демонстрирует плавное снижение с 4 по 6 сутки, затем переходит

в зону плато от 6 по 20 сутки, после чего в интервале от 20 по 29 сутки отмечена высокая интенсивность нарастания титруемой кислотности.

На рисунке 5 показана динамика активной и титруемой кислотности в модифицированной модельной среде с добавлением консорциума молочнокислых микроорганизмов *L. mesenteroides* + *L. casei* + *L. plantarum* в процессе ферментирования в зависимости от времени.

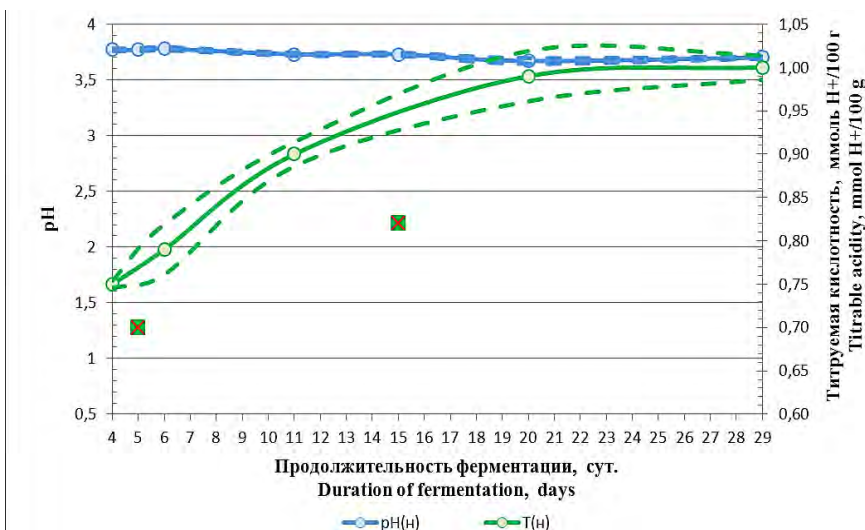


Рисунок 5. Динамика активной и титруемой кислотности в ММС с добавлением консорциума молочнокислых микроорганизмов *L. mesenteroides* + *L. casei* + *L. plantarum* в процессе ферментирования в зависимости от времени
 Figure 5. Dynamics of active and titratable acidity in MMS with addition of a consortium of lactic acid microorganisms *L. mesenteroides* + *L. casei* + *L. plantarum* during fermentation, depending on time

При культивировании консорциумом *L. mesenteroides* + *L. casei* + *L. plantarum* в ММС кривая, описывающая динамику pH от продолжительности ферментации, в течение всего процесса ферментации находится в зоне плато. При этом кривая, описывающая динамику титруемой кислотности, в начале процесса

интенсивно возрастает в течение 20 суток и затем плавно переходит в зону плато.

На рисунке 6 показана динамика активной и титруемой кислотности в модифицированной модельной среде с добавлением консорциума молочнокислых микроорганизмов *L. mesenteroides* + *L. plantarum* + *L. brevis* в процессе ферментирования в зависимости от времени.

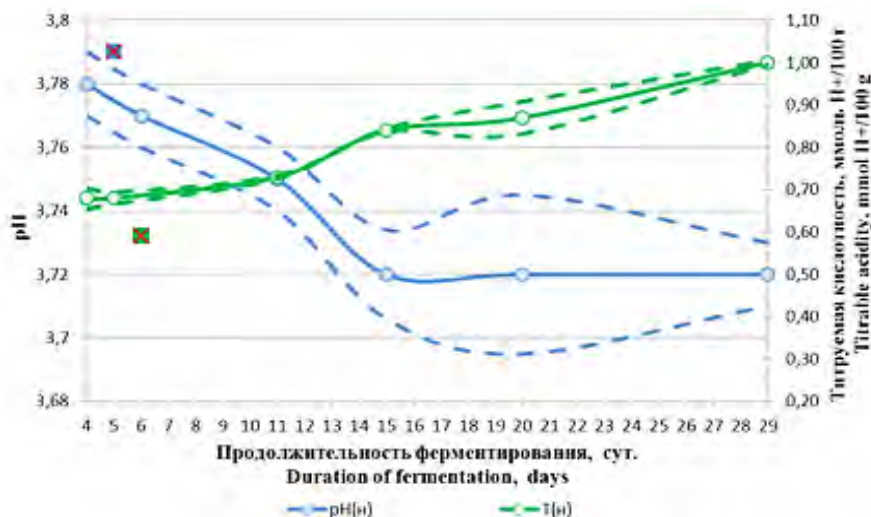


Рисунок 6. Динамика активной и титруемой кислотности в ММС с добавлением консорциума молочнокислых микроорганизмов *L. mesenteroides* + *L. plantarum* + *L. brevis* в процессе ферментирования в зависимости от времени
 Figure 6. Dynamics of active and titratable acidity in MMS with addition of a consortium of lactic acid microorganisms *L. mesenteroides* + *L. plantarum* + *L. brevis* during fermentation, depending on time

При культивировании консорциумом *L. mesenteroides* + *L. casei* + *L. brevis* в ММС кривая, описывающая динамику pH от продолжительности ферментации, демонстрирует в начале процесса ферментации уменьшение в течение 15 суток, с последующим переходом в зону плато. При этом кривая, описывающая динамику

титруемой кислотности, в течение всего процесса плавно возрастает.

На рисунке 7 показана динамика активной и титруемой кислотности в модифицированной модельной среде с добавлением консорциума молочнокислых микроорганизмов *L. mesenteroides* + *L. brevis* + *L. casei* в процессе ферментирования в зависимости от времени.

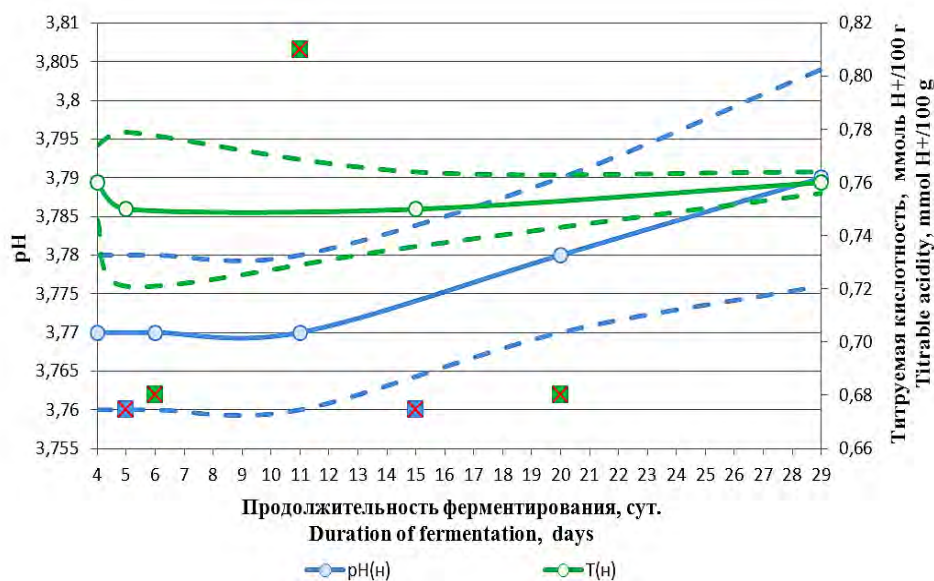


Рисунок 7. Динамика активной и титруемой кислотности в ММС с добавлением консорциума молочнокислых микроорганизмов *L. mesenteroides* + *L. brevis* + *L. casei* в процессе ферментирования в зависимости от времени
 Figure 7. Dynamics of active and titratable acidity in MMS with addition of a consortium of lactic acid microorganisms *L. mesenteroides* + *L. brevis* + *L. casei* in the fermentation process, depending on time

При культивировании консорциума *L. mesenteroides* + *L. brevis* + *L. casei* в ММС кривая, описывающая динамику pH от продолжительности ферментации, в начале процесса ферментации находится в зоне плато в течение 11 суток, после чего наблюдается интенсивный рост от 11 по 29 суток. При этом кривая, описывающая динамику титруемой кислотности в течение всего процесса находится в зоне плато.

Заключение

Использование *L. mesenteroides* на предферментативном этапе показало положительный результат, поскольку в кратчайший временной период достигнуто значение активной кислотности, позволяющее избежать развития патогенной микрофлоры в культуральной среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Britta Wiander. Lactic Acid Fermentation of Fruits and Vegetables // Food biology series. Taylor & Francis Group, 2017. P. 65-78.
2. Lactic acid fermentation of fruits and vegetables. Taylor & Francis Group, 2017. P 65–70.
3. Lactic acid bacteria microbiological and functional aspects. Taylor & Francis Group, 2012.
4. Fred Breidt, Roger F. McFeeters, Ilene Pe-rez-Diaz, Cheryl-Ho Lee Fermented Vegetables. Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers. Washington: ASM Press, 2013. doi:10.1128/9781555818463.ch33
5. Настольная книга производителя и переработчика плодоовощной продукции; под редакцией Н.К. Синха, И.Г. Хью. СПб.: Профессия, 2014. С. 467-485.
6. Джей Дж.М., Лесснер М.Дж., Гольден Д.А. Современная пищевая микробиология. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. 886 с.

Анализируя результаты по динамике активной и титруемой кислотностей можно сделать вывод о целесообразности использования консорциумов молочнокислых микроорганизмов с использованием *L. plantarum* в качестве одного из участников процесса ферментации белокочанной капусты, так как по исследованным консорциумам: *L. mesenteroides* + *L. plantarum*, *L. mesenteroides* + *L. casei* + *L. plantarum* и *L. mesenteroides* + *L. plantarum* + *L. brevis* были получены лучшие результаты по динамике снижения активной и роста титруемой кислотностей, что позволяет в короткий временной промежуток создать условия, при которых исключается развитие сторонней микрофлоры, приводящей к порче продукта.

7. Пономарева Е.И., Алехина Н.Н., Журавлев А.А., Журавлева И.А. Исследование изменения кислотности в закваске спонтанного брожения // Вестник ВГУИТ. 2013. № 3. С. 82-84. URL: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2013-3-82-84>
8. Park E.J. et al. Bacterial community analysis during fermentation of ten representative kinds of kimchi with barcoded pyrosequencing // Food microbiology. 2012. V. 30. № 1. P. 197-204.
9. Costantini A., García-Moruno E., Moreno-Arribas M.V. Biochemical transformations produced by malolactic fermentation // Wine chemistry and biochemistry – Springer. 2009. P. 27-57.
10. Lee M., Hidaka T., Tsuno H. Effect of temperature on performance and microbial diversity in hyperthermophilic digester system fed with kitchen garbage // Bioresource technology. 2008. V. 99. № 15. P. 6852-6860.

REFERENCES

1. Britta Wiander. Lactic Acid Fermentation of Fruits and Vegetables. Food biology series. Taylor & Francis Group, 2017. pp. 65-78.
2. Lactic acid fermentation of fruits and vegetables. Taylor & Francis Group, 2017. pp. 65-70.
3. Lactic acid bacteria microbiological and functional aspects. Taylor & Francis Group, 2012.
4. Fred Breidt, Roger F. McFeeters, Ilenys Perez-Diaz, Cheryl-Ho Lee Fermented Vegetables. Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers. Washington, ASM Press, 2013. doi:10.1128/9781555818463.ch33
5. Nastol'naya kniga proizvoditelya i pere-rabotchika plodoovoshchnoy produktsii [Table book producer and processor of fruits and vegetables]. Edited by N.K. Sinha, I.G. Hugh. SPb., Profession, 2014. pp. 467-485. (in Russian).
6. Jay J.M., Lessner M.J., Golden D.A. Sovremennaya pishchevaya mikrobiologiya [Modern food Microbiology]. M., BINOM. Laboratoriya znanij, 2017. 886 p. (in Russian).
7. Ponomareva E.I., Alekhina N.N., Zhuravlev A.A., Zhuravleva I.A. Study of changes in the acidity of the sourdough spontaneous fermentation. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2013 no. 3. pp. 82-84. (In Russian). Available at: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2013-3-82-84>
8. Park E.J. et al. Bacterial community analysis during fermentation of ten representative kinds of kimchi with barcoded pyrosequencing. Food microbiology. 2012. vol. 30. no. 1. pp. 197-204.
9. Costantini A., García-Moruno E., Moreno-Arribas M.V. Biochemical transformations produced by malolactic fermentation. Wine chemistry and biotechnology – springer. 2009. pp. 27-57.
10. Lee M., Hidaka T., Tsuno H. Effect of temperature on performance and microbial diversity in hyper-thermophilic digester system fed with kitchen garbage. Bioresource technology. 2008. vol. 99. no. 15. pp. 6852-6860.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Наталья Е. Посокина к.т.н., зав. лабораторией, лаборатория технологии консервирования, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования, ул. Школьная, 78, г. Видное, 142703, Россия, labtech45@yandex.ru

Екатерина С. Шишлова ст. научный сотрудник, лаборатория технологии консервирования, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования, ул. Школьная, 78, г. Видное, 142703, Россия, tirina.k@yandex.ru

Анна И. Захарова аспирант, ст. научный сотрудник, лаборатория технологии консервирования, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования, ул. Школьная, 78, г. Видное, 142703, anya.ayna@gmail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 10.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 14.08.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Natalia E. Posokina Cand. Sci. (Engin.), head of the laboratory, laboratory of technology of canning, Russian Research Institute of Canning Technology, 78, Shkolnaya Street, Vidnoe, Moscow region, 142703, Russia, labtech45@yandex.ru

Ekaterina S. Shishlova senior researcher, laboratory of technology of canning, Russian Research Institute of Canning Technology, 78, Shkolnaya Street, Vidnoe, Moscow region, 142703, Russia, tirina.k@yandex.ru

Anna I. Zakharova graduate student, senior researcher, laboratory of technology of canning, Russian Research Institute of Canning Technology, 78, Shkolnaya Street, Vidnoe, Moscow region, 142703, Russia, anya.ayna@gmail.ru

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.10.2018

ACCEPTED 8.14.2018

О возможности применения биологически активных веществ коры осины в пивоварении

Алина А. Войцеховская ¹	voyc_alina@mail.ru
Татьяна М. Панова ¹	ptm55@yandex.ru
Юрий Л. Юрьев ¹	charekat@mail.ru

¹ Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский тракт, 37/5, г. Екатеринбург, 620100, Россия

Реферат. Комплексное использование биомассы осины способно обеспечить эффективное развитие лесной и лесоперерабатывающей промышленности, снизить долю отходов. Из коры осины нами получены водные и водно-спиртовые экстракты, содержащие комплекс экстрактивных веществ, обладающих биологической активностью и представляющих практически все классы органических соединений, встречающихся в растениях (витамины, ферменты, белки, жиры, эфирные масла и др.). В качестве сырья использовали измельченную кору осины с влажностью 5% и эквивалентным диаметром частиц 2 мм. Экстрагенты – вода дистиллированная и водно-спиртовой раствор 1:1. Условия экстрагирования: гидромодуль – 10 г/г, температура – 40°C, частота ультразвука – 44 кГц. Изучено влияние водно-спиртовых экстрактов на процесс ферментации сахарозы пивными дрожжами S-33. Показана целесообразность использования водно-спиртового экстракта коры осины в дозировке 1% от питательной среды. При этом возрастает бродительная активность дрожжей, снижается расход сахара на побочные процессы ферментации, экономический коэффициент, показывающий выход этанола из единицы субстрата, увеличивается на 5,5% в сравнении с контролем. Рассчитаны кинетические характеристики процесса ферментации. Максимальные удельные скорости роста дрожжей и потребления сахара наблюдаются в случае использования водно-спиртового экстракта коры осины в дозировке 1% и составляют 0,0052 ч⁻¹ и 0,049 г/(г·ч), соответственно. На основании проведенных исследований можно сделать вывод о целесообразности использования водно-спиртового экстракта коры осины в дозировке 1% от питательной среды. При этом возрастает бродительная активность дрожжей, снижается расход сахара на побочные процессы ферментации, экономический коэффициент, показывающий выход этанола из единицы субстрата, увеличивается на 5,5% в сравнении с контролем. Промышленное использование данного экстракта в производстве пива позволит сократить продолжительность главного брожения на 1 сутки, увеличить производительность бродительного отделения и снизить удельные нормы расхода энергоресурсов.

Ключевые слова: кора осины, экстракт, биологически активные вещества, ферментация, производства пива

On the possibility of using biologically active substances of aspen bark in brewing

Alina A. Voytsekhovskaya ¹	voyc_alina@mail.ru
Tatyana M. Panova ¹	ptm55@yandex.ru
Yurii L. Yuriev ¹	charekat@mail.ru

¹ Ural State Forest Engineering University, Sibirsky tract, 37/5 Ekaterinburg, 620100, Russia

Summary. The integrated use of aspen biomass can ensure the effective development of forestry and timber processing industries, reduce the share of waste. From the bark of aspen we obtained aqueous and water-alcohol extracts containing a complex of extractive substances possessing biological activity and representing practically all classes of organic compounds found in plants (vitamins, enzymes, proteins, fats, essential oils, etc.). As a raw material, a crushed aspen bark with a moisture content of 5% and an equivalent particle diameter of 2 mm was used. Extractants – water distilled and water-alcoholic solution 1:1. Extraction conditions: hydromodule – 10 g/g, temperature – 40°C, ultrasound frequency – 44 kHz. The effect of water-alcohol extracts on the fermentation of sucrose by beer yeast S-33 was studied. The expediency of using water-alcohol extract of aspen cortex at a dosage of 1% of the nutrient medium is shown. At the same time ferment activity of yeast increases, sugar consumption decreases by the side processes of fermentation, the economic coefficient showing the yield of ethanol from a unit of substrate is increased by 5,5% in comparison with the control. The kinetic characteristics of the fermentation process are calculated. The maximum specific growth rates of yeast and sugar consumption are observed when using water-alcohol extract of bark of aspen at a dosage of 1% and are 0,0052 h⁻¹ and 0,049 g/(g·h), respectively. On the basis of the conducted studies, it can be concluded that the water-alcohol extract of the aspen bark should be used at a dosage of 1% of the nutrient medium. At the same time ferment activity of yeast increases, sugar consumption decreases by the side processes of fermentation, the economic coefficient showing the yield of ethanol from a unit of substrate is increased by 5,5% in comparison with the control. Industrial use of this extract in the production of beer will shorten the duration of the main fermentation for 1 day, increase the capacity of the fermentation unit and reduce the specific rates of energy consumption.

Keywords: aspen bark, extract, biologically active substances, fermentation, beer production

Введение

Осина (*Populus tremula* L.) относится к семейству ивовых *Salicaceae* Lindl, входит в род тополиные *Populus* L., порядку ивоцветные *Salicales* Lindl., подклассу первично покровные *Archichlamydeae* Engl. и классу двусемядольные *Dicotyledoneae* Dc.

Для цитирования

Войцеховская А.А., Панова Т.М., Юрьев Ю.Л. О возможности применения биологически активных веществ коры осины в пивоварении // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 148–152. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-148-152

Осина является одной из быстрорастущих и неприхотливых древесных пород умеренного пояса разных стран мира. Среди лиственных пород древесины, произрастающих в России, по величине запасов (более 1,6 млрд. м³) осина занимает второе место после берёзы.

For citation

Vojcehovskaja A.A., Panova T.M., Yur'ev Yu.L. On the possibility of using biologically active substances of aspen bark in brewing. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 148–152. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-148-152

На предприятиях целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности древесная кора скапливается в больших количествах. Кора – это одна из самых важных частей дерева. К ее важнейшим функциям относятся такие как запасающая, защитная, проводящая и опорная. Объемная доля коры составляет от 7 до 25% в зависимости от древесной породы. В различных технологиях по переработке древесины на стадии окорки, отходы коры достигают 15% от перерабатываемой древесины, так как пока не находят рационального применения. Следовательно, изучение химического состава природных биоконплексов, выделяемых из этого сырья различными растворителями, а также применение получаемых экстрактов, имеет практическую ценность при создании технологических процессов переработки этого крупнотоннажного сырья [1, 2].

В настоящее время кора осины находит широкое применение в фармакологии и медицине [3, 4]. Кора осины обладает противовоспалительным, противомикробным, гастропротекторным и противоязвенным действиями. В народной медицине отвар из осинового коры применяют как лечебное средство при заболеваниях желудочно-кишечного тракта, при кашле и простудных заболеваниях, болезнях мочевого пузыря, при желтухе, используют его наружно для лечения ожогов, различных кожных заболеваний, в том числе и экзем, а также заболеваний суставов и радикулитов [5–11].

Фракции фенолгликозидов и флавоноидов, выделенные из спиртового экстракта проявляют противоязвенную активность – снижают распространенность язвенного процесса на 40 и 50%, соответственно. Для получения данных препаратов использовался экстракт, полученный при экстракции коры осины 40% этанолом [12, 13].

Наиболее важным фактором, определяющим свойства и направления использования коры осины, является ее химический состав. Кора содержит комплекс экстрактивных веществ, обладающих биологической активностью и представляющих практически все классы органических соединений, встречающихся в растениях (витамины, ферменты, белки, жиры, эфирные масла и др.).

Ранее на кафедре химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов УГЛУ изучалось влияние биологически активных веществ коры осины на культивирование пивных дрожжей [14].

Цель работы – изучение влияния экстракта БАВ коры осины на ферментацию пивных дрожжей *Saccharomyces Cerevisiae* S-33.

Материалы и методы

На первом этапе нами были получены экстракты коры осины. В качестве экстрагентов использовали воду и водно-спиртовой раствор 1:1.

Условия экстрагирования: гидромодуль – 10 г/г, температура – 40 °С, частота ультразвука – 44 кГц.

На втором этапе работы нами исследовано влияние дозировки внесения водно-спиртового экстракта коры осины на кинетические характеристики процесса ферментации, такие как, скорости роста дрожжей, потребления субстрата и биосинтеза этилового спирта.

В качестве продуцента использовали пивные дрожжи верхового брожения Safbrev S-33 французской фирмы Fermentis. Данные дрожжи обладают пониженной сбраживающей активностью, что позволяет получить пиво с более выраженным вкусом и ароматом. Дрожжи имеют хорошую флокуляционную и седиментационную способность.

Эксперименты проводили на модифицированной синтетической среде Ридер. В качестве единственного источника углерода и энергии использовали сахарозу. Исследуемые водно-спиртовые экстракты коры осины вносились в дозировках 0,5 (проба № 1), 1,0 (проба № 2) и 1,5 (проба № 3) % от питательной среды. Ферментация проводилась периодическим способом при температуре 8–10 °С. Контролем являлась среда Ридер без добавления экстрактов. Контроль процесса ферментации осуществляли по физиологическим показателям дрожжей, содержанию мертвых и почкующихся клеток, содержанию в дрожжах гликогена. Содержание сахара и этилового спирта определяли химическими и физико-химическими методами анализа, принятыми в бродильной промышленности.

Результаты и обсуждение

Динамика накопления экстрактивных веществ в растворе представлена на рисунке 1.

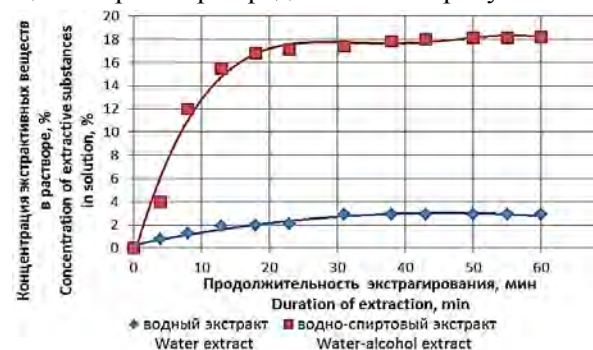


Рисунок 1. Влияние продолжительности экстрагирования коры осины на накопление экстрактивных веществ в растворе

Figure 1. Effect of the duration of extraction of aspen cortex on the accumulation of extractive substances in solution

Зависимость концентрации экстрактивных веществ коры осины в растворе от продолжительности экстрагирования описывается полиномиальными уравнениями:

– для водно-спиртового экстракта

$$y = 0,0004 x^3 - 0,0435 x^2 + 1,5911 x + 0,0459 \quad (1),$$

– для водного экстракта

$$y = -0,0013 x^2 + 0,1205 x + 0,2695 \quad (2).$$

Достоверность уравнений в обоих случаях составила 97%.

На основании результатов экстрагирования и учитывая свойства биологически активных веществ (БАВ), входящих в состав коры осины, нами рекомендовано использование водно-спиртового экстракта, содержащего комплекс БАВ, таких как: микроэлементы, гликозиды, органические кислоты, дубильные вещества, аскорбиновую кислоту, каротин, жирные кислоты, пектины и лигнаны.

На рисунке 2 представлена зависимость влияния водно-спиртовых экстрактов коры осины на рост дрожжей в процессе ферментации.

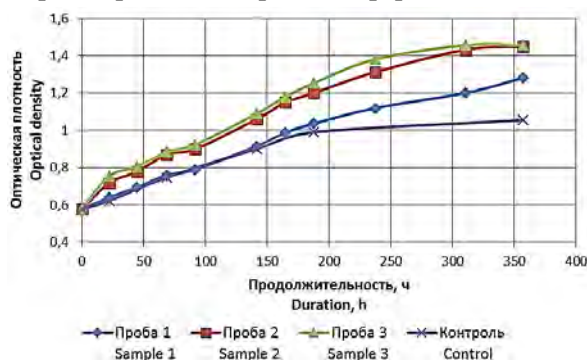


Рисунок 2. Динамика роста дрожжей в процессе ферментации

Figure 2. Dynamics of yeast growth during fermentation

Из графика видно, что в первые шесть суток ферментации рост дрожжей при концентрации водно-спиртового экстракта коры осины 0,5% происходит аналогично контролю, далее наблюдается увеличение прироста клеток, что свидетельствует о стимулирующем эффекте БАВ коры осины биосинтетических процессов при повышенном накоплении продуктов метаболизма в стационарной фазе роста культуры. Более сильный эффект наблюдается в случае использования повышенных дозировок внесения экстрактов (пробы 2 и 3).

Характер зависимости влияния дозировки внесения водно-спиртовых экстрактов коры осины на биосинтез этанола в процессе ферментации происходит аналогичным образом (рисунок 3). Увеличение интенсивности образования этанола находится в прямо пропорциональной зависимости от дозировки введения экстракта.

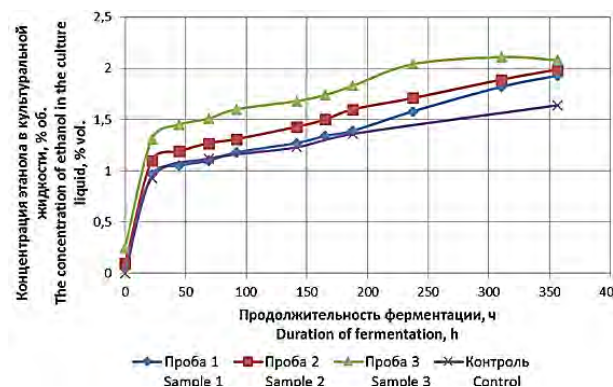


Рисунок 3. Динамика биосинтеза этанола в процессе ферментации

Figure 3. Dynamics of ethanol biosynthesis during fermentation

Одним из важных показателей спиртового брожения является броидильная активность дрожжей, которая выражается в количестве абсолютного алкоголя (см³), вырабатываемого 1 г дрожжей. Как видно из рисунка 4 максимальные значения броидильной активности дрожжей наблюдаются на вторые сутки ферментации, причем, при использовании 1%-го водно-спиртового экстракта коры осины броидильная активность дрожжей выше на 10% в сравнении с контролем (рисунок 4). Далее броидильная активность снижается, что свидетельствует о снижении содержания питательных веществ и накоплении продуктов метаболизма, ухудшающие физиологические показатели дрожжей. Данный вывод подтверждается результатами микробиологического анализа, который показал увеличение количества мертвых дрожжей и клеток, содержащих гликоген.

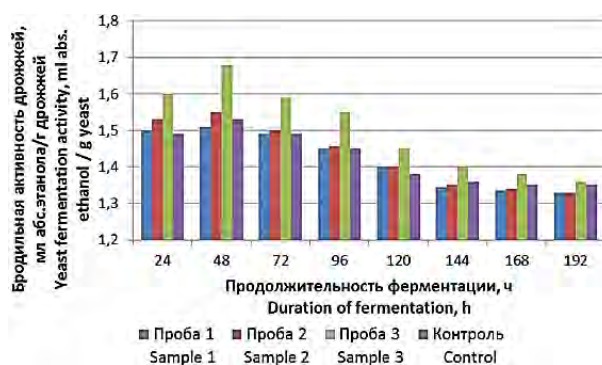


Рисунок 4. Изменение броидильной активности дрожжей в процессе ферментации

Figure 4. Change in yeast fermentation activity during fermentation

В таблице 1 представлены данные, характеризующие влияние водно-спиртовых экстрактов коры осины на кинетические и технологические характеристики процесса ферментации.

Кинетические и технологические характеристики процесса ферментации

Kinetic and process specifications of the fermentation

Проба Sample	Максимальная удельная скорость роста дрожжей, ч ⁻¹ The maximum specific growth rate of yeast, h ⁻¹	Максимальная удельная скорость биосинтеза этанола, г/(г×ч)* The maximum specific rate of ethanol biosynthesis, g/(g×h)*	Максимальная удельная скорость потребления сахара, г/(г×ч)* The maximum specific consumption rate of sugar, g/(g×h)*	Результаты 10-суточной ферментации The results of 10-day fermentation	
				Действительная степень сбраживания, % The actual degree of fermentation, %	Экономический коэффициент, г этанола/г сахара Economic coefficient, g ethanol/g sugar
Контроль Control	0,00145	0,042	0,025	37,4	0,355
Проба 1 (0,1%) Sample 1 (0.1%)	0,0019	0,041	0,03	38,5	0,359
Проба 2 (0,5%) Sample 2 (0.5%)	0,0042	0,045	0,032	40,1	0,365
Проба 3 (1%) Sample 3 (1%)	0,0052	0,049	0,037	43,3	0,375

Примечание: Удельные скорости потребления субстрата и биосинтеза этанола отнесены на 1 г а.с. дрожжей.

Note: Specific rates of substrate consumption and ethanol biosynthesis are attributed to 1 g of a.s. yeast.

Как видно из таблицы, максимальные удельные скорости роста дрожжей и потребления сахара наблюдаются в случае использования водно-спиртового экстракта коры осины в дозировке 1% и составляют 0,0052 ч⁻¹ и 0,049 г/(г×ч), соответственно. Наилучшие результаты биосинтеза этанола наблюдаются при использовании водно-спиртового экстракта коры осины в той же дозировке.

Закключение

Определены зависимости концентрации экстрактивных веществ коры осины от продолжительности экстрагирования водой и водно-спиртовым раствором.

Показано, что при использовании смеси воды и спирта в соотношении 1:1

концентрация экстракта в 6 раз выше, чем при использовании воды.

Выявлена эффективность использования водно-спиртового экстракта коры осины в дозировке 1% от питательной среды. При этом возрастает бродильная активность дрожжей, снижается расход сахара на побочные процессы ферментации, экономический коэффициент, показывающий выход этанола из единицы субстрата, увеличивается на 5,5% в сравнении с контролем.

При практическом применении данного экстракта в производстве пива возможно сокращение продолжительности главного брожения на 1 сутки, что позволит увеличить производительность бродильного отделения и снизить удельные нормы расхода энергоресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Дайнеко И.П., Фаустова Н.М. Элементный и групповой химический состав коры и древесины осины // Химия растительного сырья. 2015. № 1. С. 51–62.

2 Мингажева Л.К. Исследование влияния водного экстракта коры осины на активность ферментов // Высокие технологии в современной науке и технике: сборник научных трудов в 2-х томах. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2013. С. 89–91.

3 Krylova S.G., Turetskova V.F., Makarova O.G., Zueva E.P. Technology development and antiulcer activity of gastroretentive tablets with aspen bark dry extract // Pharmaceutical chemistry journal. 2018. № 2. P. 133–138. DOI: 10.1007/s11094–018–1778

4 Karpova G.V., Fomina T.I., Vetoshkina T.V., Borovskaya T.G. et al. Preclinical toxicological characterization of ecorcin // Experimental and clinical pharmacology. 2000. V. 63. № 4. P. 61–63.

5 Пат. № 2369380, RU, C1 A 61 K 9/06, 36/80, 36/76, 36/66, 36/28, P 29/00. Мазь, обладающая иммунопротитовоспалительным действием / Галимов О.В., Гаптракипов Э.Х., Ханов В.О. № 2008128599/15; Заявл. 14.07.2008; Оpubл. 10.10.2009; Бюл. № 28.

6 Пат. № 2255749, RU, C2 A 61 3 31/00. Способ лечения хронического описторхоза / Дарянина С.А., Пальцев А.И. № 2003122528/14; Заявл. 18.07.2003; Оpubл. 10.07.2005; Бюл. № 19.

7 Пат. № 2397775, RU, C1 A 61 K 36/76, 31/711, P 1/04. Биологически активная добавка к пище "биосинол", обладающая гастропротекторной активностью / Артамонов А.В., Бекарев А.А., Верещагин Е.И., Дыгай А.М., Ефимова Л.А., Зуева Е.П., Крылова С.Г. № 2009115235/15; Заявл. 21.04.2009; Оpubл. 27.08.2010; Бюл. № 24.

8 Крылова С.Г., Турецкова В.Ф., Макарова О.Г., Ефимова Л.А. и др. Сравнительное исследование противовоспалительной активности экстракта коры осины сухого в различных лекарственных формах // Тихоокеанский медицинский журнал. 2015. № 2(60). С. 18–21.

9 Kähkönen M.P., Hopia A.I., Vuorela H.J. Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds // J. Agric. Food Chem. 1999. V. 47. P. 3954–3962.

10 Кодакова М.Н., Дубишев А.В. Сравнительная оценка фармакологического эффекта растительных препаратов семейства ивовых // Медицинский вестник Башкортостана. 2009. Т 4. № 2. С. 193–196.

11 Серёгина Е.К., Фатихов И.М., Неволин Ю.С. Оценка фармакологической активности новых фармацевтических композиций, содержащих адаптогены, в условиях эксперимента // Биомедицина. 2011. Т. 1. № 4. С. 126–128.

12 Сафин Р.Г., Зиятдинова Д.Ф., Арсланова Г.Р. Экстрагирование биологически активных веществ из коры осины // Лесной вестник. 2017. Т. 21. № 2. С. 65–69. DOI: 10.18698/2542–1468–2017–2–65–69

13 Турецкова В.Ф. Изучение динамики накопления биологически активных веществ коры и побегов облепихи и коры осины по фазам вегетации // Решение актуальных задач фармации на современном этапе: тез. докл. научн. конф. 1994. С. 268–269.

14 Новоселова А.А., Евдокимова Е.В., Энкенколай П.В., Панова Т.М. О возможности использования растительных биоорганических комплексов для активации пивных дрожжей *Saccharomyces Cerevisiae* // Леса России и хозяйство в них. 2015. Ч. 1. С. 50–52.

REFERENCES

1 Dayneko I.P., Faustova N.M. The elemental and chemical group composition of bark and wood of aspen. *KHimiia rastitel'nogo syria* [Chemistry of vegetable raw materials] 2015. no. 1. pp. 51–62. (in Russian)

2 Mingazheva L.K. Investigation of the effect of aqueous extract of aspen bark on the activity of enzymes. *Vysokie tekhnologii v sovremennoi nauke i tekhnike sbornik nauchnykh trudov v 2 kh tomakh* [High technology in modern science and technology: collection of scientific papers in 2 volumes. National research Tomsk Polytechnic University] 2013. pp. 89–91. (in Russian)

3 Krylova S.G., Turetskova V.F., Makarova O.G., Zueva E.P. Technology development and antiulcer activity of gastroretentive tablets with aspen bark dry extract. *Pharmaceutical chemistry journal*. 2018. № 2. pp. 133–138. DOI: 10.1007/s11094–018–1778

4 Karpova G.V., Fomina T.I., Vetoshkina T.V., Borovskaya T.G. et al. Preclinical toxicological characterization of ecorcin. *Experimental and clinical pharmacology*. 2000. vol. 63. no. 4. pp. 61–63.

5 Galimov O.V., Gaptrakipov E.H., Khanov V.O. Maz obladaiushchaia immunoprotivovospalitel'nym deistviem [Ointment with immuno-anti-inflammatory action] Patent RF, no. 2369380, 2009 (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Алина А. Войцеховская студент, кафедра химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов, Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский тракт, 37/5, г. Екатеринбург, 620100, Россия, voyc_alina@mail.ru

Татьяна М. Панова старший преподаватель, кафедра химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов, Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский тракт, 37/5, г. Екатеринбург, 620100, Россия, ptm55@yandex.ru

Юрий Л. Юрьев д.т.н., профессор, заведующий кафедрой химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов, Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский тракт, 37/5, г. Екатеринбург, 620100, Россия, charekat@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Алина А. Войцеховская обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты
Татьяна М. Панова корректирование статьи до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Юрий Л. Юрьев консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 24.05.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 15.06.2018

6 Daryanina S.A., Pal'tsev A.I. Sposob lecheniia khronicheskogo opistorkhoza [Method of treatment of chronic opisthorchiasis] Patent RF, no. 2255749, 2005. (in Russian)

7 Artamonov A.V., Bekarev A.A., Vereschagin E.I., Dygai A.M. et al. Biologicheski aktivnaia dobavka k pishche biosinol obladaiushchaia gastroprotektornoii aktivnostiu [Biologically active additive to food "biosinol", possessing gastroprotective activity] Patent RF, no. 2397775, 2009. (in Russian)

8 Krylova S.G., Turetskova V.F., Makarov, O.G., Efimova L.A. et al. Comparative study of antiulcer activity of aspen bark extract dry in various dosage forms. *Tikhookeanskii meditsinskii zhurnal* [Pacific medical journal] 2015. no. 2(60). pp. 18–21. (in Russian)

9 Kähkönen M.P., Hopia A.I., Vuorela H.J. Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds. *J. Agric. Food Chem.* 1999. vol. 47. pp. 3954–3962.

10 Kodakova M.N., Dubishchev A.V. Comparative evaluation of the pharmacological effect of herbal family plant preparations. *Meditsinskii vestnik Bashkortostana* [Medical Bulletin of Bashkortostan] 2009. vol 4. no. 2. pp. 193–196. (in Russian)

11 Seryogina E.K., Fatikhov I.M., Nevolin Yu.S. Evaluation of new pharmacological activity of a pharmaceutical composition comprising an adaptogen, in the experiment. *Biomeditsina* [Biomedicine] 2011. vol 1. no. 4. pp. 126–128. (in Russian)

12 Safin R.G., Ziatdinova D.F., Arslanova G.R. Extraction of biologically active substances from the bark of aspen. *Lesnoy vestnik* [Forest Herald] 2017. vol 21. no. 2. pp. 65–69. (in Russian)

13 Turetskova, V.F. Study of the dynamics of accumulation of biologically active substances of the cortex and shoots of sea buckthorn and aspen cortex by the phases of vegetation. *Reshenie aktualnykh zadach farmatsii na sovremennoe etape* [Solution of actual problems of pharmacy at the present stage: theses. doc. scientific. Conf. Research Institute of Pharmacy] 1994. pp. 268–269. (in Russian)

14 Novoselova A.A., Evdokimova E.V., Enkenikolay P.V., Panova T.M. On the possibility of using vegetable bio-organic complexes for activation beer yeast *Saccharomyces Cerevisiae*. *Lesa Rossii i khoziaistvo v nikh* [Forests of Russia and their economy] 2015. part 1. pp. 50–52. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Alina A. Voytsekhovskaya student, Chemical Technology of Wood, Biotechnology and Nanomaterials Department, Ural State Forest Engineering University, Sibirsky tract, 37/5 Ekaterinburg, 620100, Russia, voyc_alina@mail.ru

Tatyana M. Panova major lecturer, Chemical Technology of Wood, Biotechnology and Nanomaterials Department, Ural State Forest Engineering University, Sibirsky tract, 37/5 Ekaterinburg, 620100, Russia, ptm55@yandex.ru

Yurii L. Yuriev Dt. Sci. (Chem.), professor, Chemical Technology of Wood, Biotechnology and Nanomaterials Department, Ural State Forest Engineering University, Sibirsky tract, 37/5 Ekaterinburg, 620100, Russia, charekat@mail.ru

CONTRIBUTION

Alina A. Voytsekhovskaya review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Tatyana M. Panova correct article before filing in editing and is responsible for plagiarism

Yurii L. Yuriev consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 5.24.2018

ACCEPTED 6.15.2018

A combination of rapid and easy assays of biosurfactant producing bacterial strain isolated from automobiles repairing workshop in Aligarh

Touseef Hussain¹ Hussaintouseef@yahoo.co.in
Abrar Ahmad Khan¹ Khanab2009@gmail.com

¹ Aligarh Muslim University, Aligarh 202002, U.P., India

Summary. Routine washing, cleaning, repairing, maintenance of cars, bikes, scooters and disposal of waste of all kinds are carried out in automobile workshops are common observations in Aligarh. Considering the likelihood of existence of biosurfactant producing organisms at hydrocarbon contaminated site, a large number of soil samples were collected and isolation was carried out. A total of ten bacterial strains ALIG (01–10) were isolated out of which only isolate ALIG01 grown on GSP agar, Maconkey agar as well as on *Pseudomonas* agar plates which indicated suspected *Pseudomonas spp.* and exhibits positive biosurfactant activity through penetration assay, oil spreading technique, beta hemolytic activity and EI24 (96%), positive blue plate agar plate (> 2cm), qualitative analysis, tolerance against hydrocarbon *m*-xylene, and microplate assay. This isolate ALIG01 is a valuable source to investigate further for future agriculture plant pathology and industrial applications.

Keywords: automobile, biosurfactant, hydrocarbon, oil contamination

Introduction

Now a-days automobile repairing workshops are creating many different types of hazardous wastes generated during regular services (motorbikes/scooters/cars/lorry/truck) which predominantly include used waste oil and fluids [2]. Such wastes are routinely disposed within the vicinity of workshops. Biodegradation is an effective way to overcome this problem in which microbes utilize the contaminants as a carbon source, leading to the breakdown of the pollution components into low molecular weight compounds [43, 60, 68]. Oil contaminated regions are reported to be a suitable place for the isolation of biosurfactant producing bacterial strains [19]. Microorganisms like bacteria synthesize broad range of surface-active compounds, known as biosurfactants [23]. These are amphiphilic molecules having both hydrophobic and hydrophilic moieties making them to interfere at different interfaces between the fluids having unlike polarities like hydrocarbons and water [25, 26, 65]. Biosurfactants are a leading group of valuable microbial natural products with unique biochemical properties. From a biotechnology prospective, the production of biosurfactants is important owing to their vast applications in food, cosmetics, pharmaceuticals, and the agricultural and petrochemical industries [6, 12, 27, 38, 50].

However, chemically synthesized surfactant compounds are usually of toxic in nature and are non-biodegradable [61] due to such problems the microbially synthesized surfactants gain more attention as they are eco-friendly and biodegradable [61],

biosurfactants, natural products of a variety of microorganisms [44, 46], appear to be preferable for environmental applications. Environmental concerns and stringent regulations have pushed forward the development of natural bio-surfactants as an alternative to chemically synthesized products. During the last few years, a much wider attention has been paid to the isolation of new biosurfactant producing microorganisms from different oil contaminated sites. They have affinity for both polar and non-polar media. Their several advantages over their chemical counterparts include mild production conditions from inexpensive substances [34] lower toxicity [45], better environmental compatibility and biodegradability [21, 69]. They possess the property of retaining their activity at extremes of temperature, pH and salt concentration [9]. They exhibit antibacterial, antifungal, and antiviral properties as well as anti-adhesive action against several pathogenic microorganisms [10, 13, 50, 54, 59]. They also find application in enhanced oil recovery [20] and bioremediation [54, 14]. For efficient isolation screening and detection of potential biosurfactant producers isolates, a combination of different (thirteen) easy to screening methods were used, which were successfully evaluated in the present study.

Materials and Methods

Survey and Sample Collection

Soil samples contaminated with waste oil products were collected (beneath 5cm of surface) from near an old Automobile repairing workshop (more than 30 years old shop) near Aligarh Muslim

Для цитирования

Touseef Hussain, Abrar Ahmad Khan A combination of rapid and easy assays of biosurfactant producing bacterial strain isolated from automobiles repairing workshop in Aligarh//Вестник ВГУИТ. 2018. Т 80. № 3. С. 153–163. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-153-163

For citation

Touseef Hussain, Abrar Ahmad Khan A combination of rapid and easy assays of biosurfactant producing bacterial strain isolated from automobiles repairing workshop in Aligarh. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80no. 3. pp. 153–163. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-153-163

University, Aligarh (27.88°N 78.08°E) during 2017. All the soil samples were collected in clean plastic bags. These samples were used immediately to prevent any deterioration. The sampling site can be seen in Fig. 1.



Figure 1. Sampling site from an automobile workshop

Isolation and Screening of biosurfactants bacterial isolates

5 gm of oil contaminated soil sample from automobile repair workshop was inoculated in 100 ml minimal medium [30] and incubated at 37 °C, at 200rpm for 48 hours. From that 100ml stock serial dilution technique was used for isolation of biosurfactant bacteria, 1 ml from the soil suspension at (10^2 to 10^7) dilution was spread on each petri plates of RA2 agar medium (Himedia, Mumbai) and these plates were incubated at 37 °C for 48 hr dark bacterial incubator. Morphologically different colonies were picked/selected and purified on Nutrient agar medium plates (with 0.1% petrol mixed) [55]. The selected bacterial isolates were stored in nutrient agar (Himedia, Mumbai) petriplates as well as on nutrient agar slants (with 0.1% petrol mixed) slants and kept under 4°C.

Identification and Characterization of isolated bacteria's

Study of Colonial Morphology

Isolated colonies of purified bacterial isolates were grown on solidified Nutrient agar plates (with 0.1% petrol mixed) were observed and data were recorded regarding the form (circular, filamentous, or irregular), elevation (flat, convex, or umbonate), margin (entire, undulate, erose, or filamentous), and optical features (opaque, translucent, or transparent) of the colonies [39].

Cellular Morphology

Cells were observed with Gram staining kit (Himedia, Mumbai) [Duguid, 15] under a microscope (oil immersion, 100×). Shape of the cells

(cocci, bacilli, and coccobacilli) and arrangement of cells (scattered, bunches, and chain) along with the Gram reaction were observed.

Lactose Fermentation

Lactose fermenting character in all the isolates was determined by streaking fresh broth culture on MacConkey agar (Oxoid) plates [36]. Results were noted after incubation of 24 h at 37 °C dark incubator.

Pseudomonas Agar Test

The cultures were streaked on Pseudomonas agar plates and incubated at 37°C for 24–48h in dark incubator and observed under UV transilluminator.

Identification through GSP Agar

The cultures were streaked on Glutamate Starch Phenol Red (GSP) agar plate and incubated at 37 °C for 24–48 h in dark incubator [28].

Screening Methods for Biosurfactant Production

The isolated bacteria were tested further for biosurfactant production through following methods:

Oil Spreading Method (OSM)

For this test, oil (Petrol) was layered over water in a petriplate (9cm). 10µl supernatant (from culture broth) was added to the surface of oil (petrol) as described by (Morikawa et al. [33]. Occurrence of clear zone was an indication of biosurfactant production. Water drop was used as a negative control [32].

Hemolytic Activity (HA)

The pure culture of bacterial isolates (24h) were streaked on the freshly Sheep blood agar plates (Potous Medium, New Delhi) and incubated at 37 °C for 24–48 h to assay haemolytic activity. Hemolytic activity was detected with the presence of a clear zone (Hemolysis) around bacterial colonies. The plates were visually inspected for clear zones of clearing around colonies. Complete and incomplete hemolysis was designated as (alpha) and (beta) hemolytic activity [52].

Emulsification Index (EI24%)

The emulsifying capacity was evaluated by an emulsification index (EI24%). The EI24% of samples was determined by adding 2 ml of petrol and 2 ml of the cell-free broth in test tube, vortexed at high speed for 2 min and allowed to stand for 24h. The percentage of emulsification index calculated by using the following equation [71].

$$EI24 = \frac{\text{Height of emulsion formed}}{\text{Total height of solution}} \times 100$$

Penetration Assay (PA)

This method relies on the phenomenon of silica gel entering the hydrophilic phase from hydrophobic paste much more quickly in the presence of biosurfactants which leads to a colour change [64]. In this assay, the cavities of a 96 well microtiter plate (Corning, USA) were filled with 150 µl of a hydrophobic paste made up of oil (petrol) and silica gel. The paste was covered with 20 µl of oil. The 10 µl of 1% safranin was added to 90 µl of the culture supernatant. In the control, uninoculated medium was added instead of culture supernatant. This coloured supernatant was then placed on the surface of the paste. The upper phase changes from clear red to cloudy white within 15 minutes if biosurfactant is present. Biosurfactant free supernatant was turned cloudy but stayed red. Based on the results of qualitative screening tests, positive isolates showing good surfactant activity were selected for further studies.

Blue Agar Plate (BAP) method

Mineral salt agar medium supplemented with glycerol (2%), Cetyltrimethyl ammonium bromide (0.05%) and methylene blue (0.2 mg/ml) was used for the detection of anionic glycolipid [56]. Wells of 5 mm diameter were made using cork borer on methylene blue agar plates and loaded with 100 µl of fresh culture of individual isolate. The plates were incubated at 37 °C for 48–72 h. A dark blue halo zone around the culture was considered positive for anionic biosurfactant production.

Agar Well Diffusion (AWD) method

The ionic property of cell bound biosurfactant producing strain was determined by using agar well diffusion method [29]. Briefly, 3 uniformly spaced wells were made on a soft agar (1%) plate (Himedia, Mumbai), central well was filled with 10 µl of suspected ALIG01 isolate biosurfactant producing cell free culture (24 hr grown) in Nutrient broth. Either sides of wells were filled with anionic compound (Sodium dodecyl sulfate, 20 mM) and cationic compound (Cetyl trimethyl ammonium bromide (CTAB), 20 mM). Plates were incubated at 25 °C for 24 h and observed for the precipitation lines.

Tolerance Against Hydrocarbon (TAH)

In order to analyze the ability of ALIG01 isolate to grow in presence of hydrocarbon [52], On solidified Nutrient agar plates were coated with 2 ml hexane, fresh overnight cultures were spreaded followed by incubation at 37 °C for 24–48 h. Plates were sealed using parafilm-M to avoid evaporation of hexane from petri dishes. A colony surrounded by emulsified halos was considered positive for biosurfactant production.

BATH assay

Bacterial adhesion to hydrocarbons (BATH) Cell hydrophobicity was measured by bacterial adherence to hydrocarbons (BATH) according to a method similar to that described by Rosenberg [49]. The cells were washed twice and suspended in a buffer salt solution (g/l 16.9 K₂HPO₄, 7.3 KH₂PO₄) to give an OD at 600 nm of ~0.5. The cell suspension (2 ml) with 100 µl crude oil added was vortex-shaken for 3 min in test tubes (25 x 150 mm). After shaking, crude oil and aqueous phase were allowed to separate for 1 h. The OD of the aqueous phase was then measured at 600 nm in a spectrophotometer. Hydrophobicity is expressed as the percentage of cell adherence to crude oil calculated as follows:

$$100 \times (1 - \text{OD of the aqueous phase} / \text{OD of the initial cell suspension}).$$

Modified Drop Collapse (MDC) test

Suspected bacterial isolates was cultured in Nutrient broth medium (Himedia, Mumbai) with 0.1% oil (Petrol) for 48 h. Screening of biosurfactant production was performed using the qualitative drop-collapse test described by Jain [24] as modified by Bodour and Maier [8]. 10 µl of gulf oil (engine oil lubricant) was applied to the well regions delimited on the covers of 96-well microplates (Corning, USA) and these were left to equilibrate for 24 h. 5 µl of the 48 h culture of ALIG01 isolate, after centrifugation at 12,000 rpm for 5 min to remove cells, was transferred to the oil-coated well regions and drop size was observed 1 min later with the aid of a magnifying glass. A result was considered positive for biosurfactant production when the drop diameter was at least 1 mm larger than that produced by deionized water (negative control).

Tilted Glass Slide (TGS) test

Using a sterile toothpick, a fragment of a colony was mixed with a droplet of 0.9% water solution of NaCl on a glass surface (a 26 x 76 mm microscope-slide). If the surface tension decreased enough to allow the water to flow over the surface, the glass-slide test was regarded as positive and the isolates was selected for further testing. Positive strains were maintained on nutrient agar (Himedia, Mumbai) supplemented with 0.1% oil (petrol) per liter; stored at 4 °C and sub cultured every month [47].

Emulsification assay (EU/ml)

Cell-free culture broth was used as the biosurfactant source to check the emulsification of oil (petrol). First, 1 ml of cell-free culture broth was added to 5 ml of 50 mM Tris buffer (pH 8.0) in a 30-ml screw-capped test tube. Five milliliters of hydrocarbon was added to the above solution and

vortex-shaken for 1 min, and the emulsion mixture was allowed to remain upright for 20 min. The absorbance of the aqueous phase was measured by spectrophotometer at wavelength of 400 nm. Emulsification activity per milliliter (EU/ml) was calculated by using the following formula:

1 emulsification unit = 0.01 OD₄₀₀ • dilution factor [48]. A negative control was maintained with only buffer solution.

Quantitative Microplate (QM) Analysis

The surfactant activity of selected ALIG01 isolate was determined using a multiwell plate assay. A 100 µl sample was taken from the supernatant of ALIG01 isolate and was added to a microwell of a 96-microwell plate (Corning, USA). The plate was then viewed using a backing sheet of paper with a black and white grid. The optical distortion of the grid provided a qualitative assay for the presence of surfactant.

Parafilm M Test

A 25 µl aliquot of culture supernatant was dropped on a strip of parafilm M (4 inH125 ft) as a hydrophobic surface and the shape of the drop on the surface was inspected after 1 min. then the diameter of the droplet was evaluated [53]. The phosphate buffer (pH 7.0) were used as negative control, respectively [22,31].

Results

Isolation of Bacterial Population

Total, ten unique different aerobic bacterial population were isolated from oil contaminated soil samples collected from automobile repairing workshop near AMU campus, Aligarh. Repeated streaking and sub-culturing of these bacterial isolates were purified and screened for the initial bio-surfactant production bacteria test on specific growth media and after that for the biosurfactant production conformation tests. Those isolates which exhibits best biosurfactant activity were carried for further screening and were maintained at 4°C.

Identification and Characterization of Isolates Colonial Morphology

The colonial morphology of all these isolates was observed: ALIG01 and 04 were pinpointed, while the rest of the isolates had equal proportions of regular and irregular margins with variable sizes. Furthermore, ALIG02, 06, 10 isolates had convex, ALIG03, 04, 05, 07 isolates concave, and ALIG01, 08, 09 flat elevation of the colony. Most of the colonies had a smooth and shiny texture while only ALIG08, 09, 10 had rough texture. Finally, ALIG01–07 was opaque.

Cellular Morphology

Cellular morphology, such as arrangement, shape, and Gram reaction, was observed: ALIG02–05, 09, 10 were cocci and the rest of the isolates were rods. Furthermore, ALIG07, 09, 10 had scattered cellular arrangement, ALIG05–10 were in bunches, and ALIG 01, 02, 04 were arranged in chains. Most interesting were the Gram reactions, which revealed that only ALIG 01, 04 isolates were gram negative and ALIG02, 03–10 were gram-positive.

Lactose Fermentation

Growth on MacConkey agar plates indicated that only ALIG01 isolates had lactose-fermenting capability while other isolates ALIG(02–10) were non lactose-fermenting colonies that appeared transparent and colourless.

Pseudomonas Agar Test

Only ALIG01 isolate was showing fluorescence under UV transilluminator, which was initially identified as *Pseudomonas* spp. while rest other ALIG (02–10) isolates did not show any fluorescence as seen in Fig.2a.

Identification Through GSP Agar

ALIG01 isolate was found to be surrounded by red-violet zone on GSP medium, accordingly, revealing confirmation of *Pseudomonas* spp. while rest other ALIG(02–10) isolates showed partial or not able to grow on GSP agar plates Fig.2b.



Figure 2. Results of (a) Pseudomonas agar test, (b) GSP agar plate and (c) Oil displacement with ALIG01 isolate

Screening for Biosurfactant Production Oil Spreading Technique

Overnight culture of ALIG01 isolated bacteria were centrifuged and added to oil (petrol) containing periplate. ALIG01 isolate showed the clear zone (2.3cm) by being able to displace the oil (petrol) around the colony indicating biosurfactant production Fig.2c. Rest other ALIG(02–10) isolates

showed partial activity (between 0.3–0.5cm). No clear zone was observed with control (water).

Hemolytic Activity

The hemolytic activity was observed in only ALIG01 isolate, results showed positive hemolytic activity (complete clear zones of more than 2cm) while other rest of isolates ALIG(02–10) showed partial activity which were not considered for further study Fig. 2d.

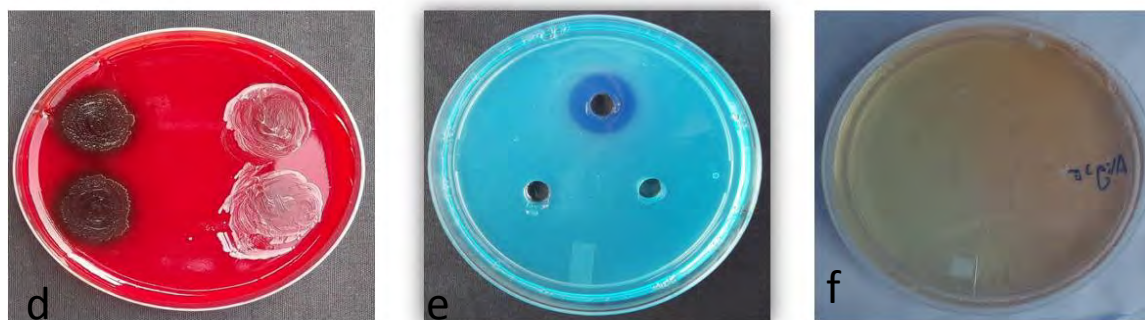


Figure 2. Continued. (d) hemolytic activity, (e) blue agar plate showing blue halos and (f) tolerance against x-ylene with ALIG01 isolate

Emulsification Index (EI24%)

Emulsification index of 50% or more was considered as significantly positive emulsification activity. Our study revealed that among ten bacterial isolates only ALIG01 isolate showed 79% positive emulsification activity with hexane, showed 57% positive emulsification activity with xylene, and 95% were miscible with oil (petrol). Meanwhile,

ALIG (02–10) of the isolates showed from partial emulsification with 3 hydrocarbons tested.

Penetration Assay

Only ALIG01 isolate among rest other isolates showed positive penetration test, while rest others isolates did showed partial penetration activity as seen in Fig.3.

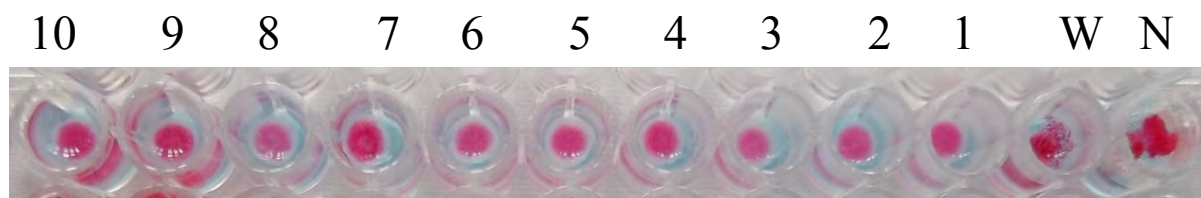


Figure 3. Penetration assay for the screening of biosurfactants producing isolates. Lane 1 – 10 isolates from oil contaminated site coded as ALIG, W = control, N = negative control

Blue Agar Plates

Only ALIG01 isolate produced dark blue halo around colony (2.2cm) which was considered positive activity for biosurfactant production on blue agar plates as qualitative mark for biosurfactant as shown in (Fig.3e) rest other isolates ALIG(02–10) did not form any blue zones were considered negative.

Agar Double Diffusion Test

Agar double diffusion test which is based on the passive diffusion of two compounds bearing charges of the same or opposite types in a weakly-concentrated gel, revealed precipitation lines between the biosurfactant produced by ALIG01 (suspected *Pseudomonas* sp.) and the cationic compounds selected (CTAB), while no lines formed between the biosurfactant and the anionic compounds (SDS) as seen in Fig.4.

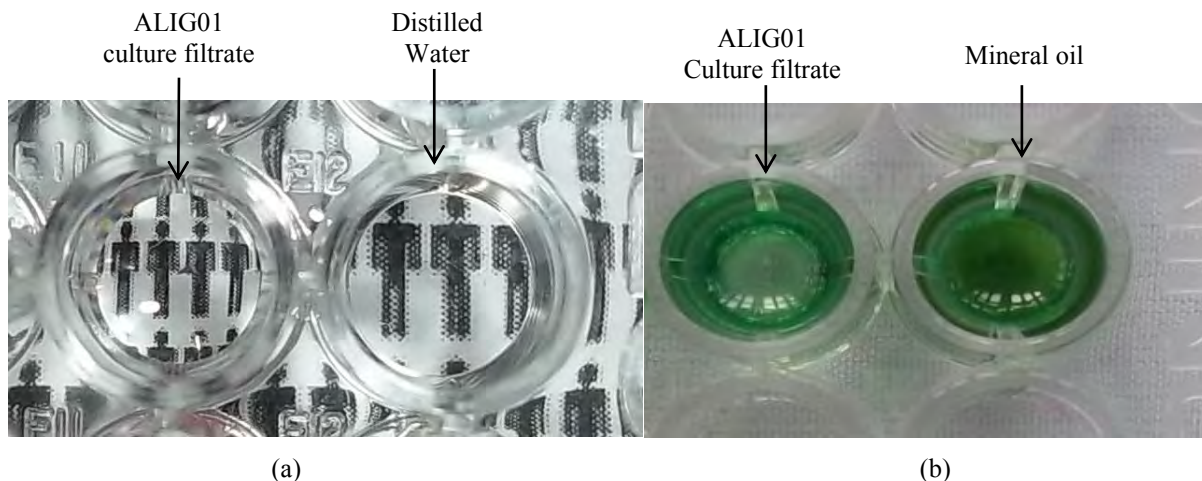


Figure 4. (a)Qualitative microplate assay with double distilled water and ALIG01 isolate (b)Qualitative drop collapse method in Gulf oil engine oil and mineral Oil)

Tolerance Against Hydrocarbon

Heavy growth was observed after 24 h of incubation in only ALIG01 strains which showed tolerance against hydrocarbon (Hexane) rest other did show any tolerance Fig.2f.

BATH Assay

Hydrophobicity of the cell surface as estimated through BATH assay of ALIG01 isolate revealed a maximum mean value of $22.5 \pm 2.2\%$ for hexane, followed by $19.1 \pm 2.0\%$ for xylene and $17.9 \pm 3.2\%$ for oil (Petrol).

Drop Collapse Assay

Only three bacterial isolates ALIG01, 03, 06 were giving positive results in drop collapse test (Fig.4b) while rest isolates ALIG 02, 04, 05–10 showed negative activity.

Tilted Glass Test

Flow of water over the surface of the tilted slide was recorded as positive. Retention of water over the surface, even if the slide was tilted, was considered as negative. ALIG (01, 03, 04, 06) isolates showed a positive test. The other isolates ALIG (02, 05, 07–10) exhibited a negative test as the drop remained stationary on the tilted slide.

Emulsification assay (EU/ml)

Emulsification assay of ALIG01 isolate was performed with three different hydrocarbons: oil (petrol), hexane and xylene. Average emulsification units (EU/ml) results for hexane of 110 ± 5 EU/ml, for xylene of 240 ± 6 EU/ml, and for oil of 186 ± 9 EU/ml were recorded rest others ALIG02–10 isolates showed partial to no activity.

Qualitative Microplate Analysis

We have used a simple microplate assay based on the proposal of Vaux and Cottingham [62], the principle of which is as follows.

Pure water in a well has a flat surface which meets the sides of the well at 90° . The presence of surfactant in the water causes some wetting at the edge of the well, and the fluid surface becomes concave as observed in case of ALIG01 isolate. The fluid takes the shape of a single diverging lens, which distorts the image of the grid below the well, when viewed from above (Fig. 4a).

Parafilm M Test

Results showed that the droplet diameter of cell-free supernatant of ALIG01 isolate tested was larger ($> 1.8\text{cm}$) than among other isolates which were considered negative. This indicated that ALIG01 isolate tested produce assayable biosurfactant activity.

Discussion

Globally now a days, various types of activities, including agriculture, industry and transportation produce a large amount of wastes and new types of pollutants. Since antiquity, soil has been the repository of society's wastes [18]. Waste motor lubricant oil is waste oil drained from geared motor vehicles after a long run, which contains weathered hydrocarbon fractions and may be useful for biosurfactant production [1]. The present investigation was conducted with the following objectives: screening of *Pseudomonas* spp. for biosurfactant production, optimization of biosurfactant production, waste motor lubricant oil and characterization of biosurfactant and estimation of emulsification activity.

At initial screening, isolation and purification process ten different bacteria were isolated, selection was done randomly revealing multiple types of colonies and cellular morphologically. Only those isolates which show biosurfactant activity from initial test screen were screened with other parameters test. Pre-dominantly most of the isolates were gram negative only one isolate ALIG01 was lactose fermenting (identified as *Pseudomonas* spp.)

because lactose provides a source of fermentable carbohydrate, allowing for differentiation. Similarly another test was followed by through GPS agar plates and Pseudomonas agar plates confirming isolate ALIG01 as Pseudomonas spp. in Fig.2a and 2b. Our study is in agreement with previous findings by Shoeb et al. [77,81]. Further the selected isolate were screened for biosurfactant activity for conformation.

Ability of some strains to show positive biosurfactant production following one method and

negative following other methods makes it very difficult to confirm biosurfactant production using two or three methods. In view of this, several screening methods were considered in order to identify the potential organism that can produce biosurfactant. Compared to other isolates, ALIG01 isolate (suspected Pseudomonas spp.) showed better potential in the entire screening test for biosurfactant production. Hence, it's chosen as a promising organism for biosurfactant production based on this study (Table 1).

Table 1.

Comparative analysis of different bio surfactant screening methods

Isolates Methods	ALIG01	ALIG02	ALIG03	ALIG04	ALIG05	ALIG06	ALIG07	ALIG08	ALIG09	ALIG10
OSM	+++	–	–	+	–	+	–	+	–	–
HA	+++	–	+	–	+	–	–	+	+	–
EI24%	+++	+	+	–	+	–	+	–	+	+
PA	+++	+	+	+	+	+	+	+	+	+
BAP	+++	–	–	–	–	–	–	–	–	–
AWD	+++	–	–	–	–	–	–	–	–	–
TAH	+++	–	–	–	–	–	–	–	–	–
BATH	+++	–	+	–	–	+	–	–	–	–
MDC	+++	–	+	–	–	+	–	–	–	–
TGS	+++	–	+	+	–	+	–	–	–	–
EU	+++	+	–	+	+	+	–	+	+	+
QM	+++	+	+	+	+	+	+	+	–	–
PM test	+++	–	–	–	–	–	–	–	–	–

OSM:Oil spreading method, **HA:**Hemolytic activity, **EI24%:** Emulsification Index, **PA:**Penetration assay, **BAP:**Blue Agar Plate, **AWD:**Anonic Well diffusion, **TAH:**Tolerance Against Hydrocarbon, **BATH:**Bacterial Adhesion to Hydrocarbon Assay, **MDC:**Modified Drop collapse, **TGS:**Tilted Glass Slide, **EU:**Emulsification Assay, **QM:**Qualitative method, **PM test:** Parafilm M Test “+++” Very Good activity; “++” Good activity; “+” partial activity; “–” No activity

The oil spreading method is rapid and easy to carry out, requires no specialized equipment, and only requires a small volume of sample [76]. In our study, only isolates ALIG01 isolate was found to be positive by oil-spreading method indication production of biosurfactant as seen in Fig.2c. Displacement of oil clearly is a sign of extracellular surfactants present in the supernatant of cultures.

In the present investigation the penetration assay, Blue agar plate, Agar well diffusion method, tolerance against hydrocarbon, BATH assay, drop collapse test, tilted glass test, emulsification assay quantitative microplate analysis and parafilm M test with crude oil were also done to confirm biosurfactant production.

Hemolytic activity appears to be a good screening criterion in the search for biosurfactant-producing bacteria [75]. During our study, positive hemolytic activity was showed by only ALIG01 isolate with complete hemolytic activity while the other isolates ALIG02–10 showed partial hemolytic activity in Fig.3d. This test is generally carried out as a primary method for screening of biosurfactant-

producing bacteria. Isolates were tested for haemolytic activity, which is regarded by some authors as indicative for biosurfactant production and used as a preliminary method for bacterial screening that was in agreement with previous findings [7, 11, 35, 80, 81, 85]. To determine the potential of a good biosurfactants Emulsification activity is one of the good criteria [74]. In the present investigation ALIG02, 03, 05, 07, 09, 10 isolates showed partial emulsification potential, and only ALIG01 isolate gave a good emulsification index > 50%) with all 3 hydrocarbons tested, which included hexane, xylene, and oil (petrol). Biosurfactants are known to have good penetration ability [71]. Our study shows that isolates producing biosurfactant display good emulsification with oil (petrol). The colored culture supernatant placed on the surface of the hydrophobic paste, resulted in color change in upper phase from red to cloudy white with ALIG01 isolates which was noted as positive test. Partial change in color or appearance of red color wells was observed in rest ALIG02–10 isolates in Fig.4.

A semi quantitative assay for the detection of extracellular glycolipids or other anionic surfactants is determined by CATB agar plate method which also known as Blue agar plate method that is based on the formation of an insoluble ion pair of anionic surfactants with the cationic surfactant CTAB and the basic dye methylene blue [40]. A dark blue halo zone was observed around ALIG01 isolate while no zone was observed in negative control and rest other isolates Fig.3e. White precipitation line between sample well and cationic compounds CTAB with barium chloride formed in only isolate ALIG01 in Fig.5. The biosurfactant derived from ALIG01 isolate (suspected *Pseudomonas* spp.) was confirmed as an anionic biosurfactant. Thus, under the prevailing experimental conditions, this very simple test made it possible to demonstrate the anionic character of the surfactant produced by biosurfactants producing strain. Generally biosurfactant produced from other labs were found as anionic surfactants. Xylo-lipid produced by *Lactococcus lactis* was also reported anionic in nature [70] which is in favour of our screening methodology.

A good characteristic feature of biosurfactant-producing bacteria is its ability to adhere to hydrocarbons. Rosenberg et al. [49] developed the bacterial adhesion to hydrocarbons method, a simple photometrical assay for measuring the hydrophobicity of bacteria. ALIG01 showed maximum adhesion to hexane while rest other isolates didn't show any adhesion. It is also possible to detect biosurfactant-producing and hydrocarbon-degrading activity simultaneously on agar plates by overlaying with hydrocarbon [72]. The hydrocarbon overlay agar method showed halos around the colony for ALIG 01 isolate. The assay was developed by Siegmund and Wagner [56] and in the present study revealed that only ALIG 01 isolate as positive as seen in Fig.3f.

The BATH assay was further confirmed by visualization of cells adhered to crude oil confirmed the affinity of cells towards crude oil facilitated by producing biosurfactant in isolate ALIG01 only which in agreement with previous findings by Kumar et al [79]. Both the drop-collapse and visualization of cells adhered to crude oil have several advantages in requiring a small volume of samples, are rapid and easy to carry out, and do not require specialized equipment.

The tilted glass slide test, developed by Persson and Molin, [47] was positive for four isolates (ALIG01, 03, 04 and 06). Water flowed over the slides on which these cultures were tested our findings are also in favour with Zhang et al. [80].

The drop-collapse test was positive in only ALIG 01, 03 and 06 isolates as soon in Fig.5b. Drop collapse result was in accordance with the work of Tambekar and Gadakh, [58]. Drop collapse test was suggested to be sensitive and easy method to test production of biosurfactant, however, Said et al. [57] have reported that microorganisms that recorded negative drop collapse test are not good emulsifiers and are not good biosurfactant producers; hence rest of the isolates were not selected for further assay. In liquid that contains surfactants, the drops spread or even collapse because the force or interfacial tension between the liquid drop and the hydrophobic surface is reduced. The stability of drops is dependent on surfactant concentration and correlates with surface and interfacial tension.

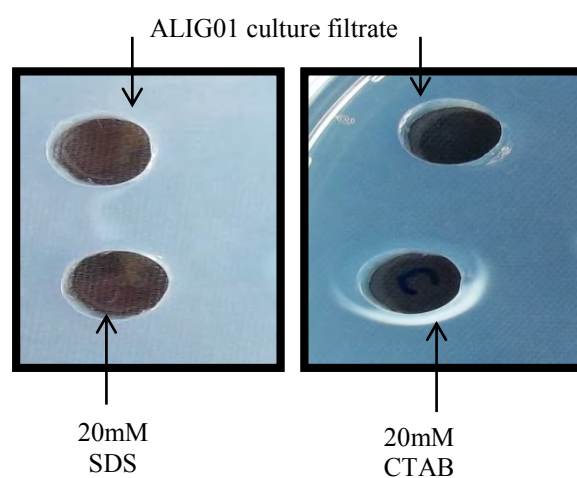


Figure 5. Double diffusion on agar of an anionic biosurfactant produced by isolate ALIG01 vs CTAB and SDS

Emulsification assay is an indirect method used to screen biosurfactant production. The assumption is that if the cell-free culture broth used in this assay contains biosurfactant, then it will emulsify the hydrocarbons present in the test solution. Emulsification assay was performed with 3 hydrocarbons and the best average was found for xylene; by examining emulsification units, it is possible to select a potent biosurfactant/bioemulsifier producer [73]. The supernatant of ALIG01 isolate was tested for surfactant activity using the qualitative microplate assay and surfactant activity could be easily detected by optical distortion of grids compared with a control as shown in Fig. 5a. Compared to the emulsification test, the microplate assay proved to be sensitive, rapid and easy to perform and could be used without specialized equipment or chemicals. This assay offers the potential for conversion to high throughput screening for biosurfactant-producing microbes before undertaking extensive experiments in biosurfactant production. The parafilm M test was also used a preliminary screening test for biosurfactant production. In our study showed the droplet diameter of culture

filtrate of ALIG01 isolate tested was larger ($> 1.8\text{cm}$) than in comparison with other isolates. These screening methods employed in the present study are amongst the most common methods used for confirmation of biosurfactant production, all of which are principally based on the physical effects of the biosurfactants produced.

These different assays offer the potential for conversion to high throughput screening for biosurfactant-producing microbes before undertaking extensive experiments in biosurfactant production. The presence of biosurfactants produced by microbes is easy and fast to investigate by visual inspection. Soil sample from an Automobile repairing workshop is a good source for screening of biosurfactant-producing microbes instead of going more far oil split sites locations. The bacterial isolate ALIG01 displayed the highest activity after screening with methods. Molecular identification and sequencing

for this strain will be further investigated. It is important to note that most of the researchers have used maximum two or three screening methods for selection of biosurfactant producers. We suggest a single method is not suitable to identify all type of biosurfactants. Therefore, a combination of various methods is required for effective screening. To the best of our knowledge, this is the first report assessing thirteen different screening methods for selecting biosurfactant producing bacteria from an automobile workshop in Aligarh.

Acknowledgements

The authors are very thankful to Dept. of Science and Technology, Govt. of India, for providing the financial grants received under **File No. DST-SERB-NPDF/2016/001409** and Dept. of Botany, Aligarh Muslim University, Aligarh, U.P for providing all the support.

REFERENCES

- 1 Alloway. B.J. Heavy metals in soils, 2nd Ed. Chapman and Hall, India: Australia. 1995.
- 2 Abidemi. O.O. Levels of Pb, Fe, Cd and Co in Soils of Automobile Workshop in Osun State, Nigeria. *J. Appl. Sci. Environ. Manage.* 2011. no. 15 (2). pp. 279–282.
- 3 Abouseoud. M, Maachi. R, Amrane. A, Boudergua. S and Nabi. A. Evaluation of different carbon and nitrogen sources in production of biosurfactant by *Pseudomonas fluorescens*. *Desalination* no. 223. 2013. pp. 143.
- 4 Azka A, Hareem M, S.N. Chaudhary and F.W. Comparative Analysis of Biosurfactant Production Assays by Five Indigenous Oil Sludge Bacteria. *Biologia, Pakistan*. no. 63(2). 2017. pp. 205–209.
- 5 Ali S.R, Chowdhury B.R, Mondal. P, Rajak S. Screening and characterization of biosurfactants producing microorganism from natural environment (whey spilled soil). *J Nat Sci Res.* no. 3(13). 2013. pp. 34 – 64.
- 6 Banat I.M, Franzetti A, Gandolfi I, Bestetti G, Martinotti M.G, Fracchia L. Microbial biosurfactants production, applications and future potential. *Appl Microbiol Biotechnol.* no. 87. 2010. pp. 427–444.
- 7 Banat, I.M, Makkar, R.S. Cameotra, S.S. Potential commercial Application of Microbial Surfactants. *Applied Microbiol. Biotechnol.* no. 53. 2000. pp. 495–508.
- 8 Bodour A A and Maier R.M. Application of a modified dropcollapse technique for surfactant quantification and screening of biosurfactant – producing microorganisms. *J Microbiol Methods.* no. 32. 1998. pp. 273–280.
- 9 Banat, I.M. Biosurfactants: production and possible uses in microbial enhanced oil-recovery and oil pollution remediation-a review. *Bioresour. Technol.* no. 51. 1995. pp. 1–12.
- 10 Cameotra S.S and Makkar, R.S. Recent applications of biosurfactants as biological and immunological molecules. *Curr. Opin. Microbiol.* no. 7. 2004. pp. 262–266.
- 11 Carrillo P, Mardaraz, C, Pitta-Alvarez, I.S, Giulietti, A.M. Isolation and selection of biosurfactant-producing bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology.* no. 12. 1996. pp. 82–84.
- 12 Das P, Mukherjee S, Sivapathasekaran C, Sen R. Microbial surfactants of marine origin: Potentials and prospects. *Adv Exp Med Biol.* no. 672. 2010. pp. 88–101.
- 13 Das P, Mukherjee, S, and Sen, R. Antiadhesive action of a marine microbial surfactant. *Colloids Surf. B Biointerfaces.* no.71. 2009a. pp. 183–186.
- 14 Das, P, Mukherjee, S and Sen R. Biosurfactant of marine origin exhibiting heavy metal remediation properties. *Bioresour. Technol.* no. 100. 2009b. pp. 4887–4890.
- 15 Duguid J.P. *Staphylococcus: cluster-forming gram-positive cocci.* In: Collee JG, Duguid JP, Fraser AG, Marmion BP, editors. *Practical Medical Microbiology.* 13th ed. Edinburgh, UK: Churchill Livingstone. 1989. pp. 303–316.
- 16 Davis, D.A, Lynch, H.C, Varley, J. The production of surfactin in batch culture by *Bacillus subtilis* ATCC 21332 is strongly influenced by the conditions of nitrogen metabolism. *Enz. Micro Technol.* no. 25(3–5). 1999. pp. 322–329.
- 17 EPA – office of air quality, planning and standards. *Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-42, Stationary Point and Area Sources,* Washington, D.C., 5 Ed., EPA. 2015. vol. 1.
- 18 Evans, L.J. Chemistry of metal retention by soils. *Environ. Sci. Tech.* no. 23(9). 1989. pp. 1046–1056.
- 19 Franczy, D.S, Thomas, J.M, Raymond, R.L, Ward, C.H. Emulsification of hydrocarbon by surface bacteria. *J Industrial Microbiol.* vol. 8. 1991. pp. 237–46.
- 20 Gautam, K.K and Tyagi, V.K. Microbial surfactants: a review. *J. Oleo Sci.* no.55. 2006. pp. 155–166.
- 21 Georgiou, G, Lin, S.C and Sharma, M.M. Surface active compounds from microorganisms. *Biotechnology,* no. 10. 1990. pp. 60–65.
- 22 Hewald, S, Josephs, K and Bölker, M. Genetic Analysis of Biosurfactant Production in *Ustilago maydis*, *Applied and Environmental Microbiology,* no. 71(6). 2005. pp. 3033–3040.
- 23 Ibrahim M. Banat, Andrea Franzetti, Isabella Gandolfi, Giuseppina Bestetti, Maria G. Martinotti, Letizia Fracchia, Thomas J. Smyth and Roger Marchant. Microbial biosurfactants production, applications and future potential. *Appl Microbiol Biotechnol.* no. 87. 2010. pp. 427–444.

- 24 Jain D. K, Collins-Thompson D.L, Lee H.A drop collapsing test for screening surfactant-producing microorganisms. *J Microbiol Methods*, no. 13. 1991. pp. 271–279
- 25 Koglin A, Doetsch V and Bernhard F. Molecular engineering aspects for the production of new and modified biosurfactants. *Adv Exp Med Biol.*, no. 672. 2010. pp. 158–169.
- 26 Lima T.M, Procópio L.C, Brandão F.D, Carvalho A.M, Tótola M.R. and Borges A.C. Biodegradability of bacterial surfactants. *Biodegradation*, no. 22. 2011. pp. 585–592.
- 27 Lourith N, Kanlayavattanakul M. Natural surfactants used in cosmetics: Glycolipids. *Int J Cosmet Sci.* no. 31. 2009. pp. 255 – 261.
- 28 Martinez A, Ostrovsky P, Nunn D N. Identification of an additional member of the secretin superfamily of proteins in *Pseudomonas aeruginosa* that is able to function in type II protein secretion. *Mol Microbiol* no. 28. 1998. pp. 1235–1246.
- 29 Meylheuc T, Van Oss C.J, Bellon, Fontaine MN. Adsorption of biosurfactant on solid surfaces and consequences regarding the bio-adhesion of *Listeria monocytogenes* LO28. *J Appl Microbio.* no. 91(5). 2001. pp. 822–832.
- 30 Miller, J.H. Experiments in Molecular Genetics. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, N.Y., 1972. pp. 433.
- 31 Morita, T, Konishi, M, Fukuoka, T, Imura, T. and Kitamoto, D. Physiological Differences in the Formation of the Glycolipid Biosurfactants, Mannosylerythritol Lipids, between *Pseudozyma antarctica* and *Pseudozyma aphidis*, *Applied Microbiology and Biotechnology*, no. 74. 2007. pp. 307–315.
- 32 Morikawa M, Diado H, Takao T, Murata S, Shimonishi Y, Imanaka T. A new lipopeptide biosurfactant produced by *Arthrobacter* sp. strain MIS38. *J Bacterio.* no. 175. 1993. pp. 6459–6466.
- 33 Morikawa M, Hirata Y, Imanaka T. A study on the structure function relationship of lipopeptide biosurfactants. *Biochim Biophys Acta.* no. 1488. 2000. pp. 211–218.
- 34 Mukherjee, S, Das, P and Sen, R. Towards commercial production of microbial surfactants. *Trends Biotechnol.* no. 24. 2006. pp. 509–515.
- 35 Mulligan, C.N. Cooper, D.G. Neufeld, R.J. Selection of microbes producing biosurfactants in media without hydrocarbons. *J. Ferment. Technol.* no. 62. 1984. pp. 311–314.
- 36 Ng L.S, Tan T.Y, Yeow, S.C.A cost-effective method for the presumptive identification of Enterobacteriaceae for diagnostic microbiology laboratories. *Pathology.* no. 42. 2010. pp. 280–283.
- 37 Nguyen, T. T, Youssef, N. H, McInerney, M.J. and Sabatinic, D.A. Rhamnolipid biosurfactant mixtures for environmental remediation. *Water Res.* no. 42. 2008. pp. 1735.
- 38 Nitschke M, Costa S. Biosurfactants in food industry. *Trends Food Sci Technol.* no. 18. 2007. pp. 252–259.
- 39 Pelczar M.J Jr, Reid R.D. 1958. Microbiology. New York, NY, USA: McGraw-Hill.
- 40 Pinzon, N.M, Ju, L.K. Improved detection of rhamnolipid production using agar plates containing methylene blue and cetyl trimethylammonium bromide. *Biotechnology Letters*, no. 31(10). 2009. pp. 1583–1588.
- 41 Persson, A. and Molin, G. Capacity for biosurfactant production of environmental *Pseudomonas* and *Vibrionaceae* growing on carbohydrates. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* no. 26. 1987. pp. 439–442.
- 42 Pruthi, V. and Cameotra, S.S. Effect of nutrients on optimal production of biosurfactants by *Pseudomonas putida* – a Gujarat oil field isolate. *J. Surfact. Deterg.* no. 6. 2003. pp. 65.
- 43 Piróllo, M.P. S, Mariano, A. P, Lovaglio, R. B, Costa, S.G.V.A. O, Walter, V, Hausmann, R. and Contiero, J. Biosurfactant synthesis by *Pseudomonas aeruginosa* LB1 isolated from a hydrocarbon – contaminated site. *J. Appl. Microbiol.* no. 105. 2008. pp. 1484.
- 44 Providenti, M. A, Flemming, C. A, Lee, H. and Trevore, J.T. Effect of addition of rhamnolipid biosurfactants or rhamnolipid producing *Pseudomonas aeruginosa* on phenanthrene mineralization in soil slurries. *FEMS Microbiol. Ecol.* 1995. no. 17. pp. 15.
- 45 Poremba, K, Gunkel, W, Lang, S and Wagner, F. Marine biosurfactants, III. Toxicity testing with marine microorganisms and comparison with synthetic surfactants. *Z. Naturforsch.* no. 46. 1991. pp. 210–216.
- 46 Rahman, K. S, Banat, I. M, Thahira, J, Thayumanavan, T. and Lakshmanaperumalsamy, P. Bioremediation of gasoline contaminated soil by a bacterial consortium amended with poultry litter, coir pith and rhamnolipid biosurfactant. *Bioresour. Technol.* no. 81. 2002a. pp. 25.
- 47 Robert, M, Mercade, E, Bosch, M. P, Parra, J. L, Espuny, M. J, Manresa, M.A. and Guinea, J. Effect of the carbon source on biosurfactant production by *Pseudomonas aeruginosa* 44Ti. *Biotechnol. Lett.* no. 11. 1989. pp. 871.
- 48 Rosenberg E, Zuckerberg A, Rubinovitz C, Gutnick DL. Emulsifier of *Arthrobacter* RAG-I: isolation and emulsifying properties. *Appl Environ Microbiol.* no. 37. 1979. pp. 402–408.
- 49 Rosenberg M, Gutnick D.L, Rosenberg E. Adherence of bacteria to hydrocarbons: a simple method for measuring cell-surface hydrophobicity. *FEMS Microbiol Lett.* no. 9. 1980. pp. 29–33
- 50 Rodrigues L.R, Teixeira J.A, Van Der Mei H.C, Oliveira R. Physicochemical and functional characterization of a biosurfactant produced by *Lactococcus lactis*. *Colloids Surf B Biointerfaces*, no. 49. 2006. pp. 79–86.
- 51 Rodrigues, L, Banat, I. M, Teixeira, J and Oliveira, R. Biosurfactants: potential applications in medicine. *J. Antimicrob. Chemother.* no. 57. 2006. pp. 609–618.
- 52 Satpute, S. K, Bhawsar, B.D, Dhakephalkar P K, Chopade, B.A. 2008. Assessment of different screening methods for selecting biosurfactant producing marine bacteria. *Indian J Marine Sci.* no. 37. 2008. pp. 243–250.
- 53 Satpute, S.K, A.G. Banpurkar, P.K. Dhakephalkar, I.M. Banat and B.A. Chopade. Methods for investigating biosurfactants and bioemulsifiers: A review. *Crit. Rev. Biotechnol.* no. 30. 2010. pp. 127–144.
- 54 Singh, P and Cameotra, S.S. Potential applications of microbial surfactants in biomedical sciences. *Trends Biotechnol.* no. 22. 2004. pp. 142–146.
- 55 Shoeb, E. Genetic Basis of Heavy Metal Tolerance in Bacteria. Ph. D. thesis. University of Karachi, Karachi, Pakistan, 2006.
- 56 Siegmund I, and Wagner F. New method for detecting rhamnolipids excreted by *Pseudomonas* species during growth on mineral agar. *Biotechnol Tech.*, no. 5. 1991. pp. 265–268.
- 57 Said BH, Latifa S, Abdeljelil G, Abderrazak M. Screening of potential biosurfactant producing bacteria isolated from seawater biofilm. *Afri. J. Biotech.* 11. no. 77. 2012. pp. 14153–14158.

- 58 Tambekar D. H, and Gadakh P.V. Biochemical and molecular detection of biosurfactant producing bacteria from soil. Int. J. Life Sci. Biotech. & Pharma Res., no. 2(1). 2013. pp. 204 – 211.
- 59 Tomar S, Singh B.P, Lal M, Khan M.A, Hussain T, Sharma S, Kaushik S.K, Kumar S. Screening of noval microorganism for biosurfactant and biocontrol activity against. Phytophthora infestans. J Env Biol. no. 35. 2014. pp. 893–899.
- 60 Usman, M.M, Dadrasnia, A, Tzin Lim, K, Mahmud, A.F, Ismail, S. Application of biosurfactants in environmental biotechnology; remediation of oil and heavy metal. AIMS Bioengineering, no. 3(3). 2016. pp. 289–304.
- 61 Vijaya kumar S. and Saravanan V. Biosurfactant stypes, sources and applications. Res. J. Microbiol. no. 10. 2015. pp. 181 – 192.
- 62 Vaux, D, Cottingham, M. Method and apparatus for measuring surface configuration, patent number GB0001568.5. 2001.
- 63 Walter V, Syldatk C, Hausmann R. Screening concepts for the isolation of biosurfactant producing microorganisms. Adv Exp Med Biol. 2010. no. 672. pp. 1–13.
- 64 Walter, V, C. Syldatk and R. Hausmann. Screening Concepts for the Isolation of Biosurfactant Producing Microorganisms. In: Biosurfactants, Ramkrishna, S. (Ed.). vol. 672. Landes Bioscience and Springer Science, New York, 2010 ISBN: 9781441959799.
- 65 Xu Q, Nakajima M, Liu Z. and Shiina T. Biosurfactants for microbubble preparation and application. Int J Mol Sci. no. 12. 2011. pp. 462–475.
- 66 Urum, K, Pekdemir, T. Evaluation of biosurfactants for crude oil contaminated soil washing. Chemosphere, no. 57. 2004. pp. 1139–1150.
- 67 Yen Chen C, Baker S.C, Richard C. Darton R.C. The application of a high throughput analysis method for the screening of potential biosurfactants from natural sources. Journal of Microbiological Methods. no. 70. 2007. pp. 503–510.
- 68 Zhang, G. L, Wu, Y. T, Qian, X.P. and Meng, Q. Biodegradation of crude oil by *Pseudomonas aeruginosa* in the presence of rhamnolipids. J. Zhejiang Univ. Sci. B, no. 6. 2005. pp. 725.
- 69 Zajic, J.E, Gignard, H and Gerson, D F. Properties and biodegradation of a bioemulsifier from *Corynebacterium hydrocaroblastus*. Biotechnol. Bioeng. no. 19. 1977. pp. 1303–1320.
- 70 Saravanakumari P, and Mani K. Structural characterization of a novel xylolipid biosurfactant from *Lactococcus lactis* and analysis of antibacterial activity against multi-drug resistant pathogens. Bioresource Technol. no. 101(22) 2010. pp. 8851–8854.
- 71 Youssef N.H, Duncan K.E, Nagle D.P, Savage K.N, Knapp R.M, McInerney M.J.J. Comparison of methods to detect biosurfactant production by diverse microorganisms. Microbiol Methods. no. 56(3). 2004. pp. 339–347.
- 72 Kokare, C.R, Kadam, S.S, Mahadik, K.R, Chopade, B.A. Studies on bioemulsifier production from marine *Streptomyces* sp. S1. Indian J Biotechnol. no. 6. 2007. pp. 78–84.
- 73 Belcher, R.W, Huynh, K.V, Hoang, T.V, Crowley, D.E. Isolation of biosurfactant-producing bacteria from the Rancho La Brea Tar Pits. World J Microbiol Biotechnol. no. 28. 2012. pp. 3261–3267.
- 74 Bonilla, M, Olivaro, C, Caronal, M, Vazquez, A, Soubes, M. Production and characterization of a new bioemulsifier from *Pseudomonas putida* ML2. J Appl Microbiol. no. 98. 2005. pp. 456–463.
- 75 Carter, G. Diagnostic Procedures in Veterinary Bacteriology and Mycology. 4th ed. Springfield, IL, USA: Charles C Thomas. 1984.
- 76 Plaza, G, Zjawiony, I, Banat, I. Use of different methods for detection of thermophilic biosurfactant-producing bacteria from hydrocarbon-contaminated bioremediated soils. J Petro Science Eng. no. 50. 2006. pp. 71–77.
- 77 Shoeb E, Badar U, Akhter J, Shams H, Sultana M, Ansari M.A. Horizontal gene transfer of stress resistance genes through plasmid transport. World J Microbiol Biotechnol. no. 28. 2012. pp. 1021–1025.
- 78 Moran A, Alejandra M, Martinez F, et al. Quantification of surfactin in culture supernatant by hemolytic activity. Biotechnol Lett. no. 24. 2002. pp. 177–180.
- 79 Kumar, P.A, Janardhan A, Viswanath B, Monika, K, Jung, Y.J, Narasimha, G. Evaluation of orange peel for biosurfactant production by *Bacillus licheniformis* and their ability to degrade naphthalene and crude oil. 3 Biotech. 2016. no. 6. pp. 43.
- 80 Zhang, J., Xue, Q., Gao, H., Lai, H., Wang, P. Bacterial degradation of crude oil using solid formulations of bacillus strains isolated from oil-contaminated soil towards microbial enhanced oil recovery application. RSC Advances, no. 6 (7). 2016. pp. 5566–5574.
- 81 Zhang, X., Xu, D., Zhu, C., Lundaa, T., Scherr, K.E. Isolation and identification of biosurfactant producing and crude oil degrading *Pseudomonas aeruginosa* strains. Chemical Engineering Journal. no. 209. 2012. pp. 138–146.
- 82 Sakthipriya, N., Doble, M., Sangwai, J.S. Action of biosurfactant producing thermophilic *Bacillus subtilis* on waxy crude oil and long chain paraffins. International Biodeterioration and Biodegradation. no. 105. 2015. pp. 168–177.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Touseef Hussain Plant Pathology Section, Environmental Lab, Dept. of Botany, Aligarh Muslim University, Aligarh 202002, U.P, India, Hussaintouseef@yahoo.co.in

Abrar Ahmad Khan Plant Pathology Section, Environmental Lab, Dept. of Botany, Aligarh Muslim University, Aligarh 202002, U.P, India, Khanab2009@gmail.com

CONTRIBUTION

Touseef Hussain proposed a scheme of the experiment, organized production trials, wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism.

Abrar Ahmad Khan guided while during the research study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.17.2018

ACCEPTED 8.30.2017

Определение тяжелых металлов в семенах подсолнечника атомно-абсорбционным методом на основе дробной минерализации

Юлия А. Демченко¹ jesi-001@mail.

Аминет Д. Цикунб¹ cikunib58@mail.ru

¹ Научно-исследовательский институт комплексных проблем Адыгейского государственного университета, ул. Гагарина 13, г. Майкоп, 385000, Россия

Реферат. Одной из актуальных проблем пищевой химии является загрязнение продовольственного сырья и пищевых продуктов тяжелыми металлами. Современные физико-химические методы количественного определения тяжелых металлов обладают высокой точностью и позволяют определять даже следовые количества элементов, однако отличаются сложностью процедуры подготовки пробы к анализу, которая является одним из самых трудоемких этапов, требующих больших затрат реактивов и времени, в особенности для анализа жиродержащих проб. В связи с этим, актуальной является разработка новых способов определения содержания тяжелых металлов в масличном сырье. Объектом исследования выступили семена подсолнечника, в которых устанавливали содержание токсичных элементов с использованием разных способов пробоподготовки: сухого озоления и мокрой минерализации и разработанного нового способа дробной минерализации, отличительными особенностями которого являются: предварительное разложение пробы на жировую (масло) и обезжиренную (шрот) фракции с их независимой минерализацией. Шрот подвергается озолению при максимальной температуре 400 °C за два полных цикла, с переводением минерализата в фоновый раствор и определением металлов методом ААС-ЭТА, масло – растворяется в биполярном растворителе в соотношении 1:6:2 от массы масла, с последующим прямым вводом смеси в аналитическую ячейку графитовой трубчатой печи электротермического атомизатора, где происходит минерализация и одновременная атомизация пробы. Использование дробной минерализации позволяет улучшить метрологические характеристики атомно-абсорбционного метода семян подсолнечника: повысить среднюю открываемость исследуемых элементов до 90,8%, снизить погрешность сходимости (на 4,5%) и воспроизводимости (на 4,9%) результатов исследования кадмия и свинца, а также сократить общее время пробоподготовки на 4–6 часов в сравнении с исследуемыми способами.

Ключевые слова: пробоподготовка, атомно-абсорбционный анализ, семена подсолнечника, кислотная минерализация, сухая минерализация, дробная минерализация

Determination of heavy metals in sunflower seeds by atomic absorption spectroscopy based on fractional mineralization

Yuliya A. Demchenko¹ jesi-001@mail.

Aminet D. Tsikunib¹ cikunib58@mail.ru

¹ Research institute of complex problems of the Adyge State University, Gagarin St. 13, Maikop, 385000, Russia

Summary. The actual problem of food chemistry is the contamination of food raw materials and food products with heavy metals. Modern physico-chemical methods for the quantification of heavy metals are highly accurate and allow even trace amounts of elements to be determined, but the complexity of the sample preparation procedure is one of the most time-consuming steps, requiring high costs of reagents and time, especially for analysis of fat-containing samples. In this regard, development of new ways of determination of content of heavy metals in olive raw materials is relevant. Sunflower seeds in which they established the maintenance of toxic elements with use of different ways of sample preparation have acted as an object of a research: dry combustion and a wet mineralization and the developed new way of a fractional mineralization which distinctive features are: preliminary decomposition of test on fatty (oil) and fat-free (oilcake) of fraction with their independent mineralization. Oilcake is exposed to combustion at the maximum temperature 400 °C for two full cycles, with conversion of the mineralizate in background solution and definition of metals by AAS-ETA method, oil – is dissolved in bipolar solvent in the ratio 1:6:2 from the mass of oil, with the subsequent direct input of mix in an analytical cell of the graphite tubular furnace of an electrothermal atomizer where there is a mineralization and simultaneous atomization of test. The use of fractional mineralization makes it possible to improve the metrological characteristics of the atomic absorption method of sunflower seeds: to increase the average openability of the investigated elements to 90.8%, to reduce the error of convergence (by 4.5%) and the reproducibility (by 4.9%) of the results of the study of cadmium and lead, and also to reduce the total time of sample preparation for 4–6 hours as compared with the test methods.

Keywords: sample preparation, atomic absorption spectroscopy, sunflower seeds, acid mineralization, dry mineralization, fractional mineralization

Введение

В настоящее время одной из актуальных проблем является загрязнение окружающей среды и пищевых продуктов тяжелыми металлами [1–5], определение которых, согласно нормативным документам, проводится различными инструментальными методами, такими как вольтамперометрия, инверсионная потенциометрия,

спектрофотометрия, атомно-абсорбционная и атомно-эмиссионная спектроскопия, а также масс-спектрометрия [6–8]. Все эти методы предполагают пробоподготовку с переводением исследуемых элементов в растворимую форму [9] с использованием способов сухой или мокрой (кислотной) минерализации [12]. Анализ нормативно-технической и патентной информации в области элементного определения содержания

Для цитирования

Демченко Ю.А., Цикунб А.Д. Определение тяжелых металлов в семенах подсолнечника атомно-абсорбционным методом на основе дробной минерализации // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 164–169. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-164-169

For citation

Demchenko Yu.A., Cikunib A.D. Determination of heavy metals in sunflower seeds by atomic absorption spectroscopy based on fractional mineralization. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 164–169. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-164-169

токсичных элементов в пищевых продуктах и продовольственном сырье выявил, что особые аналитические трудности возникают в процессе подготовки проб с высоким содержанием масла (бобах, орехах и семенах масличных культур), обусловленные рядом причин: во-первых, на начальном этапе деструкции жиродержащих продуктов не удастся избежать пенообразования и выбрасывания частей минерализата, что может приводить к потерям определяемых элементов; во-вторых, большим расходом минеральных концентрированных кислот, используемых при деструкции и кислотной экстракции, что существенно удорожает анализ и увеличивает риск контаминации пробы металлами; в-третьих, повышенным риском возникновения избыточного внутреннего давления при использовании закрытых систем для минерализации [10, 11, 15].

Вышеуказанные причины делают актуальным разработку новых подходов к технологии подготовки пробы с высоким содержанием жира, в частности семян подсолнечника – важнейшей масличной культуры во многих странах мира, в том числе России и ее регионов, которые могли бы повысить эффективность и существенно нивелировать основные аналитические сложности анализа.

В связи с этим целью нашего исследования явилось разработка способа определения тяжелых металлов в семенах подсолнечника атомно-абсорбционным методом на основе дробной минерализации.

Материалы и методы

Объектом исследования выступили сортовые семена подсолнечника кондитерских сортов с исходным фоновым содержанием токсичных элементов (свинца, мышьяка, ртути, кадмия) менее 0,25 ПДК каждого.

Подготовку контрольных проб к анализу проводили согласно ГОСТ 26929-94 [12] с применением сухой минерализации (СМ) и мокрой минерализации (ММ).

Для подготовки опытных проб использовали разработанный способ дробной минерализации, предполагающий разложение пробы на жировую (масло) и обезжиренную фракции, с последующей сухой минерализацией шрота и прямым определением металлов в масле методом электротермической атомно-абсорбции (ААС-ЭТА). Способ реализовывали следующим образом: навеску измельченных семян массой $5 \pm 0,01$ г. помещали в колбу вместимостью 100 см³, заливали 40 см³ нейтрального этилового эфира, настаивали в течение 2 ч, периодически встряхивая, фильтровали через обеззоленный фильтр, отбирали 25 см³ фильтрата в колбу, предварительно доведенную до постоянной массы и отгоняли

эфир на водяной бане. Фракцию масла высушивали до постоянной массы и определяли тяжелые металлы методом ААС способом прямого ввода [16], модифицированным нами использованием биполярного растворителя н-гексан–изопропанол в соотношении 1:6:2 от массы пробы, что позволило повысить способность раствора к образованию нераздельнокипящей азеотропной смеси, а также минимизировать разбавление пробы масла без потери возможности обнаружения низких концентраций элементов. В качестве модификатора матрицы использовали хлорид палладия с концентрацией палладия 10 мг/мл. Определение элементов выполняли по методу градуировочного графика с использованием балласта для снижения фоновых явлений.

Фракцию шрота освобождали от эфира, отбирали навеску массой $2,0 \pm 0,01$ г. и подвергали сухой минерализации при температуре 400 °С в течение 7 ч. 30 мин.

Расчет суммарной массовой концентрации элемента в пробе семян подсолнечника по способу ДМ вели исходя из значений масличности в мг/кг следующим образом:

$$m = (m_1 w_1) + (m_2 w_2), \quad (1)$$

где m – массовая концентрация элемента в пробе; m_1 – масса элемента в шроте, мг/кг; w_1 – выход шрота, в единицах; m_2 – масса элемента в масле, мг/кг; w_2 – массовая доля масла, в единицах.

Правильность предлагаемого способа проверяли методом добавок «введено-найденно», для этого измельченные ядра семян подсолнечника контаминировали аликвотами водных растворов стандартных образцов металлов на уровне 1,0 ПДК согласно ТР ТС 015/2011: свинца – 1,0 мг/кг, мышьяка – 0,3 мг/кг, ртути – 0,05 мг/кг, кадмия – 0,1 мг/кг. Содержание токсичных элементов в контаминированных пробах определяли с использованием различных способов пробоподготовки.

Определение токсичных элементов проводили на базе Центра коллективного пользования научным оборудованием НИИ комплексных проблем АГУ с использованием следующего основного оборудования и реактивов: атомно-абсорбционного спектрометра «КВАНТ-Z.ЭТА», муфельной печи SNOL, сушильного шкафа ПЭ-4610, кислот азотной, серной, соляной и хлорной.ч., ГСО металлов 7998-93, 7012-93, 6690-93, 7264-96.

Результаты и обсуждение

Результаты исследования содержания токсичных элементов в фракциях семян подсолнечника, полученные ААС методом с использованием пробоподготовки ДМ представлены в таблице 1.

Таблица 1.
Содержание токсичных элементов в фракциях
семян, определенных ААС методом с
применением ДМ

Table 1.
The maintenance of toxic elements in fractions of
the seeds determined by AAS by method with
application of FM

Элемент Element	Содержание элементов во фракциях, мг/кг The maintenance of elements in fractions, mg/kg	
	шрот oilcake	масло oil
Pb	0,33 ±0,07	0,55 ±0,02
Cd	0,14 ±0,01	0,05 ±0,01
Cu	18,2 ±0,25	9,8 ±0,08
As	<0,001	
Hg	<0,001	

На основании данных о содержании металлов во фракциях семян и с учетом масляности семян рассчитывали содержание токсичных элементов в семенах подсолнечника и сравнивали значения с показателями, полученными при использовании контрольных способов подготовки проб (таблица 2).

Таблица 2.
Содержание токсичных элементов в семенах подсолнечника, в зависимости от способа минерализации

Table 2.
The maintenance of toxic elements in sunflower seeds, depending on a way of a mineralization

Элемент Element	Содержание элементов при разных способах минерализации, мг/кг The maintenance of elements at different ways of a mineralization, mg/kg		
	СМ (DM)	ММ (WM)	ДМ (FM)
Pb	0,31 ±0,043*	0,38 ±0,031*	0,45 ±0,065
Cd	0,091 ±0,015	0,093 ±0,02	0,095 ±0,01
Cu	11,76 ±0,06*	13,1 ±0,062	13,62 ±0,015

Примечание: * – $p \leq 0,05$ с ДМ способом пробоподготовки

Как видно из полученных данных, в исследованных образцах, минерализованных способом СМ и ММ мышьяк и ртуть, не были обнаружены. На концентрацию Cd в семенах, которая составила в среднем $0,093 \pm 0,002$ мг/кг, способ подготовки проб не оказал достоверных различий. Концентрации меди, полученные ММ и ДМ минерализацией близки и достоверно не различимы, а при использовании СМ наблюдаются достоверные ($**p \leq 0,01$) отличия

как от ДМ, так и от ММ подготовки. Концентрации Pb, полученные способами СМ и ММ показывают достоверные отличия от ДМ ($**p \leq 0,05$), что может свидетельствовать о потерях элемента в процессе минерализации контрольными способами.

Контроль открываемости токсичных элементов с использованием пробоподготовки ДМ проверяли методом добавок «введено-найден» (таблица 3).

Таблица 3.
Результаты определения токсичных элементов в семенах подсолнечника методом добавок «введено-найден» с использованием разных способов пробоподготовки ($n = 5$, $P = 0,95$)

Table 3.
The results of the determination of toxic elements in sunflower seeds by the "introduced-found" additives method using different methods of sample preparation

Элемент Element	Фоновое содержание, мг/кг Background content, mg/kg	Введено, мг/кг Added, mg/kg	Найдено, мг/кг Found, mg/kg			R (открываемость), (openability)%		
			СМ (DM)	ММ (WM)	ДМ (FM)	СМ (DV)	ММ (WM)	ДМ (FM)
Pb	0,12 ±0,03	1,0	0,97 ±0,08	1,06 ±0,02	1,1 ±0,06	86,6	94,6	98,2
Cd	0,07 ±0,006	0,1	0,135 ±0,07	0,15 ±0,001	0,15 ±0,07	79,4	90,0	88,2
As	0,035 ±0,004	0,3	0,279 ±0,04	0,29 ±0,03	0,31 ±0,07	83,3	87,2	92,5
Hg	0,006 ±0,001	0,05	0,04 ±0,017	0,04 ±0,002	0,045 ±0,003	71,4	78,6	80,4

Как видно из таблицы 3, наибольшие различия в результатах ДМ пробоподготовки в сравнении с СМ наблюдаются для ионов Pb (11,6%), менее выраженные – для As, Hg и Cd, – 9,3%,

8,9% и 8,8% соответственно. При сравнении ДМ и ММ больший процент открываемости показали мышьяк и свинец на 5,3% и 3,6% соответственно, а для Hg и Cd достоверных различий не выявлено.

Таким образом удалось повысить общий процент открываемости элементов в среднем до 90,8%. Данные метрологических характеристик определения токсичных элементов методом атомно-абсорбционной спектроскопии на основе предлагаемого способа пробоподготовки в сравнении с контрольными, свидетельствуют о более высоких показателях сходимости (dotn) и воспроизводимости (Dotn) для кадмия и свинца. Допустимые нормативными документами погрешности в измерении кадмия dotn – 22% и Dotn – 36% удалось снизить при использовании ДМ на 4,6% и 5,1%, а для свинца dotn – 28% и Dotn – 42% на 4,4% и 4,7% соответственно.

Одним из важных показателей эффективности метода является показатель общей продолжительности определения, в особенности, учитывается время непосредственного контакта аналитика с пробой. Результаты хронометража проведения пробоподготовки разными способами представлены на рисунке 1.

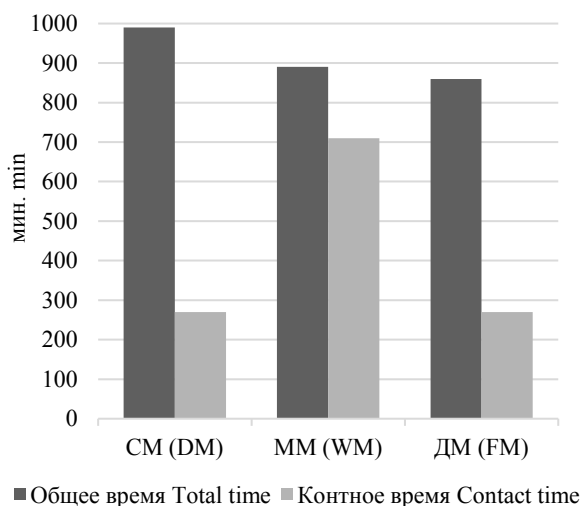


Рисунок 1. Временные затраты на проведение пробоподготовки

Figure 1. Time spent on sample preparation

Общее время, затрачиваемое на СМ, составило 16 ч 30 мин (± 20 мин): это время на обугливание на электроплитке – 3 ч 10 мин, озоление в муфельной печи – 12 ч, на остывание тигля и выпаривание кислоты – 1 ч 20 мин, время контактной работы аналитика составило 4 ч 30 мин. При ММ затрачивается 14 ч 50 мин (± 30 мин) общего времени, из них 11 ч 50 мин

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Куприянов А.В. Система обеспечения качества и безопасности пищевой продукции // Вестник Оренбургского государственного университета. 2014. № 3 (164). С. 164–167
- 2 Толстова Е.Г. Контроль сырья как необходимое условие обеспечения безопасности готовой продукции // Вестник НГИЭИ. 2013. № 8(27) С. 99–104.

приходится на контактную работу аналитика. Общее время ДМ 14 ч 20 мин (± 20 мин) с учетом проведения процедуры разделения семян на фракции. Процедуру ДМ можно проводить совместно с определением масличности семян, учитывая, что определение масличности является обязательным при теххимическом контроле на предприятиях, заготавливающих и поставляющих семена масличных культур, в том числе подсолнечника. Общее время минерализации, без учета разделения фракций по способу ДМ составляет 9 ч 40 мин, что в сравнении с СМ способом меньше на 6 ч 50 мин (± 35 мин) и 4 ч 40 мин (± 42 мин) в сравнении с ММ. Данный способ позволил снизить время пробоподготовки в среднем на 4–6 ч, при совмещении с процессом определения масличности семян. Сократить общее время пробоподготовки стало возможным за счет уменьшения времени обугливания обезжиренного шрота (с 1,5 ч до 40 мин) и продолжительности минерализации шрота в муфельной печи (2 полных цикла, вместо 4).

Заключение

Впервые для определения содержания тяжелых металлов в семенах подсолнечника был применен способ дробной минерализации, который позволил сократить время минерализации и улучшить метрологические характеристики: повысить среднюю открываемость исследуемых элементов до 90,8%, снизить погрешность сходимости результатов исследования кадмия и свинца (на 4,5%) и воспроизводимости (на 4,9%). Научная новизна технического решения подтверждена патентом РФ (№ 2645995, от 28.02.2018). Способ может быть рекомендован для использования в системе теххимического и экологического мониторинга содержания токсичных элементов в пробах растительного сырья с высоким содержанием масла.

Благодарности

Исследование проводится при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по программе «УМНИК» по теме «Разработка ферментативного скринингового тест-набора для оценки уровня содержания токсичных элементов в растительных маслах» в рамках договора № 0039927 от 8 февраля 2018 г.

- 3 Bian B., Suo W., Hai L., Lin F. et al. Health risk assessment of metals in food crops and related soils amended with biogas slurry in Taihu Basin: perspective from field experiment // Environmental science and pollution research international. 2015. №22. P. 7794. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4292-2>

REFERENCES

- 4 Kulek de Andrade C., Klack de Brito P.M., Egéa dos Anjos V., Pércio Quináia S. Determination of Cu, Cd, Pb and Cr in yogurt by slurry sampling electrothermal atomic absorption spectrometry: A case study for Brazilian yogurt // *Food Chemistry*. 2018. V. 240. P. 268–274 DOI.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.111.
- 5 Kulek de Andrade C., Egéa dos Anjos V., Lurdes Felsner M., Reyes Torres Y. et al. Direct determination of Cd, Pb and Cr in honey by slurry sampling electrothermal atomic absorption spectrometry // *Food Chemistry*, 2014. V. 146. P.166–173, DOI.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.065.
- 6 Ребезов М.Б., Зыкова И.В., Белокаменская А.М., Ребезов Я.М. Контроль качества результатов анализа при реализации методики фотоэлектрической колориметрии и инверсионной вольтамперометрии в исследовании проб пищевых продуктов на содержание мышьяка // *Вестник Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого*. 2013. Т. 2. №. 71. С 43–48
- 7 Macedo de Oliveira R., Clara Nascimento Antunes A., Antunes Vieira M., Lisbôa Medina A. et al. Evaluation of sample preparation methods for the determination of As, Cd, Pb, and Se in rice samples by GF AAS // *Microchemical Journal*. 2016. V. 124. P. 402–409, DOI.org/10.1016/j.microc.2015.09.018.
- 8 Milão de Oliveira T., Augusto Peres J., Lurdes Felsner M., Cristiane Justi K. Direct determination of Pb in raw milk by graphite furnace atomic absorption spectrometry (GF AAS) with electrothermal atomization sampling from slurries // *Food Chemistry*. 2017. V. 229. P. 721–725 DOI.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.143
- 9 Амелин В.Г., Лаврухина О.И. Обеспечение безопасности пищевых продуктов средствами химического анализа // *Журнал аналитической химии*. 2017. № 1. С. 3–49.
- 10 Дьяченко Ю.А., Цикуниб А.Д., Чусов Т.С. Аналитические проблемы определения тяжелых металлов в пробах с высоким содержанием жира // *Современные тенденции развития науки и технологий: сборник научных трудов по материалам VIII Международной научно – практической конференции 30 ноября 2015 г.: в 10 ч. Ч. 8*. Белгород: ИП Ткачева Е.П., 2015. С 8–12
- 11 Радион Е.В. Классические методы анализа: практическое применение. Минск, 2013. 76 с.
- 12 ГОСТ 26929–94. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения токсичных элементов М.: Стандартинформ, 2010. 9 с.
- 13 ГОСТ 31671–2012 (EN 13805:2002) Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Подготовка проб методом минерализации при повышенном давлении. М.: Изд-во стандартов, 2010. 13 с.
- 14 Якубенко Е.В., Войткова З.А., Черникова И.И., Ермолаева Т.Н. Микроволновая пробоподготовка для определения Si, P, V, Cr, Mn, Ni, Cu, W методом АЭС-ИСП в конструкционных сталях // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. 2014. Т. 80. №. 1. С. 12–15.
- 15 Тринеева О.В., Сливкин А.И., Дортгулыев Б. Определение тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье и масляных препаратах на его основе (на примере листьев крапивы двудомной и плодов облепихи крушиновидной) // *Вестник Воронежского государственного университета*. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2015. №. 1. С. 152–155.
- 16 Голубятников Н.И., Карпенко Л.П., Бабчук Л.Н., Журавлев А.С. Прямое определение токсичных металлов в растительных маслах модифицированным атомно абсорбционным методом // *Актуальні проблеми транспортної медицини*. 2013. № 2(32). С. 64–66
- 1 Kupriyanov A.V. Quality Assurance System and Food Safety. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg State University]. 2014. no. 3 (164). pp.164–167. (in Russian)
- 2 Tolstova E.G. Control of raw materials as a prerequisite for ensuring the safety of finished products. *Vestnik NGIEI* [Proceedings of NSIEI] 2013. no. 8(27). pp. 99–104. (in Russian)
- 3 . Bian B., Suo W., Hai L., Lin F. et al. Health risk assessment of metals in food crops and related soils.amended with biogas slurry in Taihu Basin: perspective from field experiment, *Environmental science and pollution research international*. 2015. no.22. pp. 7794. https://doi.org/10.1007/s11356-015-4292-2
- 4 Kulek de Andrade C., Klack de Brito P.M., Egéa dos Anjos V., Pércio Quináia S. Determination of Cu, Cd, Pb and Cr in yogurt by slurry sampling electrothermal atomic absorption spectrometry: A case study for Brazilian yogurt // *Food Chemistry*. 2018. vol. 240. pp. 268–274 DOI.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.111.
- 5 Kulek de Andrade C., Egéa dos Anjos V., Lurdes Felsner M., Reyes Torres Y. et al. Direct determination of Cd, Pb and Cr in honey by slurry sampling electrothermal atomic absorption spectrometry // *Food Chemistry*, 2014. vol. 146. pp.166–173, DOI.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.065.
- 6 Rebezov M.B., Zykova I.V., Belokamenskaya A.M., Rebezov YA. M. Quality control of analysis results in the implementation of photoelectric colorimetry and inversion voltammetry techniques in the study of food samples for arsenic content. *Vestnik Novgorodskogo gosudarstvennogo universiteta im. Yaroslava Mudrogo* [Bulletin of Novgorod State University. Yaroslav the Wise] 2013. vol. 2. no.. 71. pp. 43–48 (in Russian)
- 7 Macedo de Oliveira R., Clara Nascimento Antunes A., Antunes Vieira M., Lisbôa Medina A. et al. Evaluation of sample preparation methods for the determination of As, Cd, Pb, and Se in rice samples by GF AAS. *Microchemical Journal*. 2016. vol. 124. pp. 402–409, DOI.org/10.1016/j.microc.2015.09.018.
- 8 Milão de Oliveira T., Augusto Peres J., Lurdes Felsner M., Cristiane Justi K. Direct determination of Pb in raw milk by graphite furnace atomic absorption spectrometry (GF AAS) with electrothermal atomization sampling from slurries. *Food Chemistry*. 2017. vol. 229. pp. 721–725 DOI.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.143
- 9 Amelin V.G., Lavruhina O.I. Ensuring food safety by means of chemical analysis. *ZHurnal analiticheskoy himii* [Journal of Analytical Chemistry]. 2017. no.1. pp. 3–49. (in Russian)
- 10 D'yachenko YU.A., Cikunib A.D., CHusov T.S. Analytical problems in the determination of heavy metals in high-fat samples. *Sovremennye tendencii razvitiya nauki i tekhnologii: sbornik nauchnyh trudov po materialam VIII Mezhdunarodnoj nauchno – prakticheskoy konferencii 30 noyabrya 2015 g.: v 10 ch* [Modern trends in the development of science and technology] Belgorod, IP Tkacheva E.P., 2015. pp. 8–12 (in Russian)
- 11 Radion E.V. Klassicheskie metody analiza: prakticheskoe primeneniye [Classical methods of analysis: practical application] Minsk, 1013. 76 pp. (in Russian)
- 12 GOST 26929–94. Syr'e i produkty pishchevye. Podgotovka prob. Mineralizaciya dlya opredeleniya toksichnyh ehlementov [Raw material and food-stuffs. Preparation of samples. Decomposition of organic matters for analysis of toxic elements] Moscow, Standartinform Publ., 2010. 9 p. (in Russian)

13 GOST-31671–2012 (en-13805–2002) Food products. Definition of trace elements. Sample preparation by mineralization at elevated pressure [Foodstuffs. Determination of trace elements. Preparation of samples by pressure digestion] Moscow, Standartinform Publ, 2010, 13 p. (in Russian)

14 YAkubenko E V Vojtkova Z A CHernikova I I Ermolaeva T N Sample preparation for the determination of Si, P, V, Cr, Mn, Ni, Cu, W by the method of AES-ICP in structural steels. *Zavodskaya laboratoriya Diagnostika materialov* [Factory Laboratory. Diagnostics of materials] 2014. vol. 80. no. 1. pp. 12–15 (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Юлия А. Демченко ст. преподаватель кафедры химии АГУ, эксперт-биохимик лаборатории нутрициологии и экологии НИИ Комплексных проблем, Адыгейский государственный университет, ул. Гагарина 13, г. Майкоп, 385000, Россия, jesi-001@mail.
Аминет Д. Цикуниб д.б.н., профессор, зав. кафедрой химии, директор НИИ Комплексных проблем, Адыгейский государственный университет, ул. Первомайская 208, г. Майкоп, 385000, Россия, cikunib58@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Юлия А. Демченко обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты, написала рукопись, несет ответственность за плагиат

Аминет Д. Цикуниб предложила методику проведения эксперимента, корректировала ее до подачи в редакцию, проводила консультации в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 19.05.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 07.08.2018

15 Trineeva O.V., Slivkin A.I., Dortgulyev B. Determination of heavy metals in medicinal plant materials and oil preparations based on it (using the example of nettle leaves and sea buckthorn berries. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Himiya. Biologiya. Farmaciya.* [Bulletin of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy] 2015. no. 1. pp. 152–155. (in Russian)

16 Golubyatnikov N I Karpenko L P Babchuk L N ZHuravlev A S Direct determination of toxic metals in vegetable oils by the modified atomic absorption method. *Aktualn problemi transportno medicine* [Actual problems of transport medicine] 2013. no. 2.32. pp. 64–66. (In Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Yuliya A. Demchenko senior teacher of chemistry department, expert-biochemist of laboratory of a nutricytology and ecology of scientific research institute of Complex problems, Adyghe State University, Gagarin st. 13, Maykop, 385000, Russia, jesi-001@mail.

Aminet D. Tsikunib Dr.Sci. (Biol.), professor, managing department of chemistry the director of scientific research institute of Complex problems of ASU, Adyghe State University, Pervomayskaya St. 208, Maykop, 385000, Russia, cikunib58@mail.ru

CONTRIBUTION

Yuliya A. Demchenko review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations, proposed a scheme of the experiment and organized production trials, wrote the manuscript, is responsible for plagiarism

Aminet D. Tsikunib proposed a scheme of the experiment, correct it before filing in editing, consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 5.19.2018

ACCEPTED 8.7.2018

Использование пищевых добавок для повышения качества и безопасности фруктовых консервов в металлической упаковке

Ольга В. Бессараб¹ upakovka@vniitek.ru
Татьяна Ф. Платонова¹ platokora@yandex.ru

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН; ул. Школьная, 78, г. Видное, Московская область, 142703, Россия

Реферат. Вследствие коррозии металлической упаковки качество консервов ухудшается в процессе хранения. Одним из путей снижения потерь качества и увеличения срока годности консервированных продуктов является применение пищевых добавок – ингибиторов коррозии. Из литературных данных известно, что пектин и желатин являются ингибиторами коррозии, действие которых основано на адсорбции к поверхности металла. Помимо обычного, в работе использовали гидролизанный желатин, который не вызывает увеличения вязкости жидкой фазы. Целью настоящей работы являлось изучение влияния пектина, желатина и гидролизованного желатина на скорость коррозии белой консервной жести электролитического лужения (ЭЖК) в среде жидкой фазы компотов из косточковых фруктов (вишен, черешен, персиков и слив). Скорость коррозии измеряли методом линейного поляризационного сопротивления, основанном на создании разности потенциалов между двумя одинаковыми образцами металла и измерении силы возникающего тока. Измерения проводили при помощи универсального автоматического коррозиметра «Эксперт-004». Для всех коррозионных сред кинетика скорости коррозии имеет следующий характер: в начале испытания наблюдается максимальная скорость коррозии ЭЖК, которая в течение 24-36 часов снижается до стационарного значения. Наличие ингибиторов не оказывает влияние на кинетику процесса, но стационарная скорость коррозии для жидкой фазы компота из вишен уменьшается в 1,6-3 раза, для жидкой фазы компота из персиков – в 1,9 раз. Для жидкой фазы компотов из черешен и слив внесение пектина и гидролизованного желатина ингибирующего эффекта не оказывает. Наибольший ингибирующий эффект для жидкой фазы компотов из вишен наблюдается при внесении 0,5% гидролизованного желатина – без ингибитора стационарная скорость коррозии ЭЖК составляет 8,3 мкм/год, с ингибитором – 2,8 мкм/год. По результатам исследования было установлено, что для снижения потерь качества в процессе хранения компотов из косточковых фруктов в металлической упаковке целесообразно внесение гидролизованного желатина в количестве 0,5 % к массе жидкой фазы.

Ключевые слова: металлическая упаковка; белая консервная жость электролитического лужения (ЭЖК), скорость коррозии; ингибиторы коррозии, пектин, желатин, гидролизанный желатин, метод поляризационного сопротивления, компоты

Usage of food additives for improvement the quality and safety of fruit canned food in metallic packaging

Olga V. Bessarab¹ upakovka@vniitek.ru
Tatyana F. Platonova¹ platokora@yandex.ru

¹ All-Russian Scientific Research Institute of Canned Food Technology – a branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbатов; Shkol'naya str., 78, Vidnoe, Moscow region, 142703, Russia

Summary. Because of the metal packaging corrosion, during storage of canned food the quality deteriorates. One of the ways to reduction of quality loss and increase the shelf life of canned products is the use of food additives - corrosion inhibitors. From the literary data it is known that pectin and gelatin are corrosion inhibitors whose action is based on adsorption to the metal surface. Besides the usual gelatin, in the work we used hydrolyzed gelatin, which does not increase in the viscosity of the liquid phase. The aim of the present work was to study the effect of pectin, gelatin and hydrolysed gelatin on the tinplate corrosion rate in the liquid phase of stone fruit compotes (cherries, merries, peaches and plums). The corrosion rate was measured by the method of linear polarization resistance, based on the creating a potential difference between two identical samples of metal and measuring the amperage. The measurements were carried out using the universal automatic corrosion-meter "Expert-004". For all corrosive media, the corrosion rate kinetics is as follows: at the beginning of the test, the maximum corrosion rate of tinplate is observed, which decreases to a stationary value within 24-36 hours. The presence of inhibitors has not effect the kinetics of the process, but the steady-state corrosion rate for the liquid phase of compote from cherries decreased 1.6 - 3 times, for the liquid phase of compote from peaches - by 1.9 times. For the liquid phase of compotes from merries and plums, the application of pectin and hydrolysed gelatin does not have an inhibitory effect. The greatest inhibitory effect for the liquid phase of compotes from cherries is observed when applying 0.5% hydrolyzed gelatin - without an inhibitor, the steady-state corrosion rate of tinplate was 8.3 $\mu\text{m} / \text{year}$, with the inhibitor - 2.8 $\mu\text{m} / \text{year}$. According to the results of the study, it was found that in order to reduce quality losses during the storage of stone fruit compotes in a metal package, it is advisable to apply hydrolyzed gelatin in an amount of 0.5% to the mass of the liquid phase.

Keywords: metal packing; electrolytic tinplate, corrosion rate; corrosion inhibitors, pectin, gelatin, hydrolyzed gelatin, polarization resistance method, compotes

Для цитирования

Бессараб О.В., Платонова Т.Ф. Использование пищевых добавок для повышения качества и безопасности фруктовых консервов в металлической упаковке // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 170–175. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-170-175

For citation

Bessarab O.V., Platonova T.F. Usage of food additives for improvement the quality and safety of fruit canned food in metallic packaging. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 170–175. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-170-175

Введение

Одним из направлений развития консервной промышленности является повышение качества и безопасности, а также увеличения сроков хранения консервов в металлической упаковке.

Металлическая упаковка подвергается коррозии в результате контакта с содержимым, в результате чего в процессе хранения ухудшается качество продукта. Основными коррозионно-агрессивными веществами фруктовых и овощных консервов являются органические кислоты и их соли, при контакте которых с металлом на границе раздела фаз протекает процесс электрохимической коррозии. При этом одновременно происходят реакции анодного окисления металла и катодного восстановления ионов электролита, в результате чего металл переходит в продукт, т. е. в процессе хранения консервов в жестяной упаковке происходит накопление солей железа и олова, что приводит к ухудшению качества продукта и, следовательно, является фактором ограничения срока годности [1]. Также вследствие коррозионных процессов происходит выделение водорода, что приводит к бомбажу и, следовательно, браку консервов. С целью снижения потери качества и увеличения срока годности консервов целесообразно использовать пищевые добавки, которые являются ингибиторами коррозии.

В качестве ингибиторов коррозии известны желатин и пектин. Их ингибирующее действие основано на адсорбции конгломератов к поверхности металла и, следовательно, образовании защитной плёнки. В ряде работ приведены данные, доказывающие эффективность применения пектина и желатина в качестве ингибиторов коррозии для углеродистой стали и алюминиевых сплавов в среде соляной кислоты и гидроксида натрия [2–5].

Поскольку желатин имеет среднюю молекулярную массу 50000–70000 Da, то при введении его 0,1–0,5% к массе жидкой фазы увеличивается её вязкость, а при введении более 0,5% происходит желирование. Для предотвращения нежелательного желирования целесообразно использовать гидролизированный желатин, молекулярная масса которого в 2 – 3 раза меньше, чем у негидролизованного. Растворы пектина не вызывают заметного увеличения вязкости жидкой фазы в количестве, достаточном для стабилизации консистенции [6–8].

Материалы и методы

В качестве коррозионных сред использовали жидкую фазу компотов из косточковых фруктов – вишен, черешен, слив и персиков. Для изучения

ингибирующего действия в исходные компоты вносили следующие добавки:

- пектин яблочный в количестве 0,3 и 0,5% к массе жидкой фазы;
- желатин пищевой в количестве 0,1 и 0,5% к массе жидкой фазы;
- гидролизированный желатин со средней молекулярной массой 20000 Da в количестве 0,5% к массе жидкой фазы.

Скорость коррозии измеряли методом линейного поляризационного сопротивления, основанном на создании постоянной разности потенциалов (внешней поляризации) между двумя одинаковыми электродами и измерении силы возникающего при этом тока [9]. Измерения проводили при помощи универсального автоматического коррозиметра «Эксперт-004» с коммутатором по методике, разработанной специалистами ВНИИКОП [10, 11]. Коррозионная ячейка состоит из стеклянного цилиндра диаметром 40 мм, двух одинаковых образцов металла, двух уплотнительных прокладок из полимерного материала и фиксирующего устройства. В данной работе использовали пластины белой консервной жести электролитического лужения (ЭЖК) с толщиной стальной основы 0,18 мм, номинальной массой оловянного покрытия по 8,4 г/м² с каждой стороны.

Продолжительность одного испытания – 7 суток, запись значений скорости коррозии и тока поляризации проводили через каждые 4 часа в автоматическом режиме. Количество повторностей для каждой среды – 5; за результат испытания принимали среднее арифметическое значение.

Результаты и обсуждение

На рисунках 1 и 2 приведены кривые, отражающие изменение скорости коррозии ЭЖК при воздействии жидкой фазы компотов с различными добавками и без них. В таблице 1 приведены стационарные значения скорости коррозии и тока поляризации для компотов из вишен, черешен, слив и персиков с добавлением ингибиторов и без них.

Из рисунков 1 и 2 видно, что в начале испытания скорость коррозии имеет максимальное значение, которое в течение 24 – 36 часов уменьшается до стационарного, при этом наличие добавок не оказывает влияния на кинетику процесса. Уменьшение скорости связано с постепенным заполнением продуктами коррозии поверхности металла, что приводит к снижению плотности тока поляризации. После заполнения всей площади поверхности, контактирующей со средой, скорость коррозии практически не изменяется с течением времени, т. е. процесс переходит в стационарный режим.

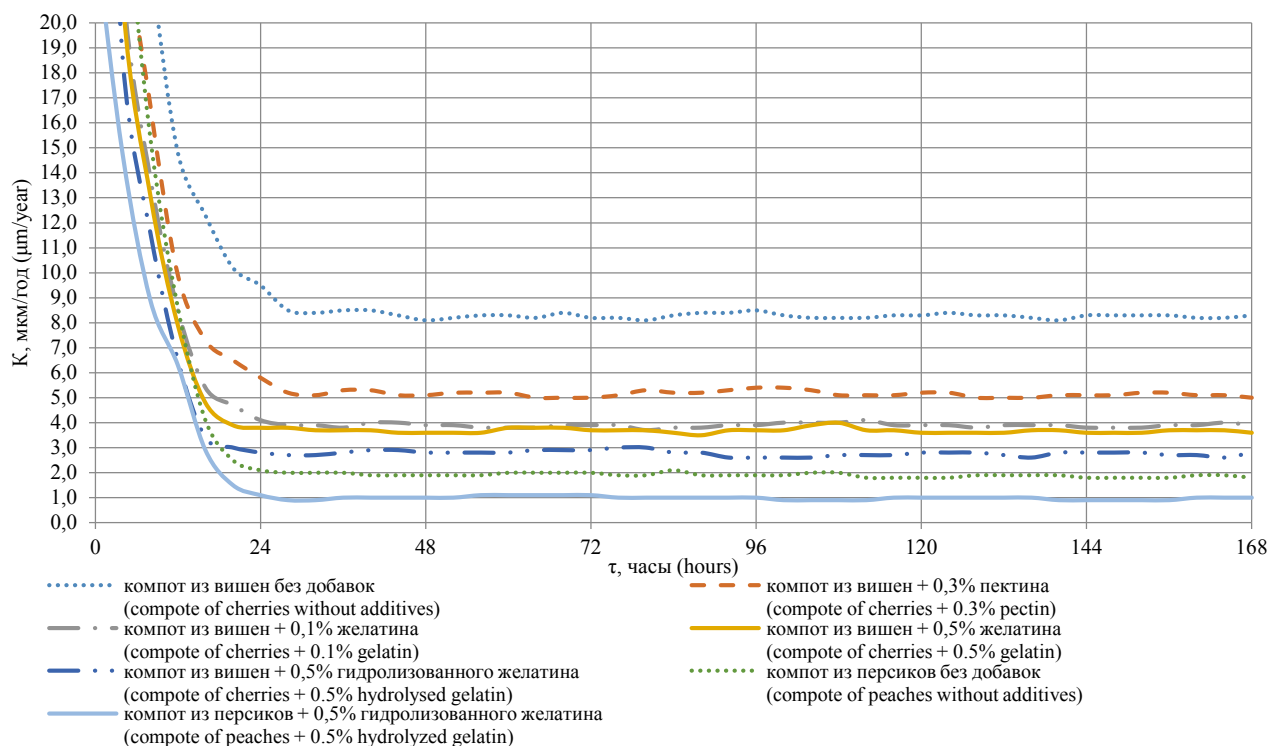


Рисунок 1. Изменение скорости коррозии ЭЖК при воздействии жидкой фазы компотов из вишен и персиков с добавками и без них

Figure 1. Change in the corrosion rate of tinplate when exposed to the liquid phase of compotes from cherries and peaches with and without additives

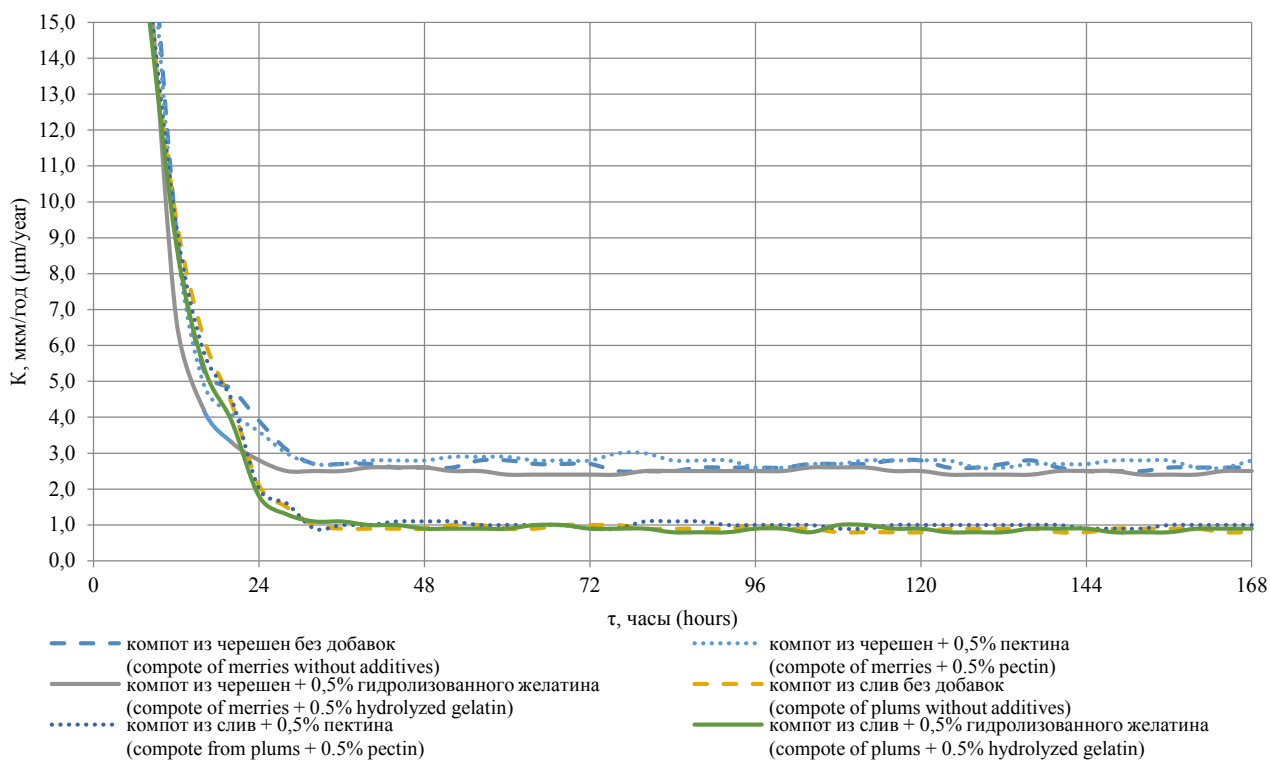


Рисунок 2. Изменение скорости коррозии ЭЖК при воздействии жидкой фазы компотов из черешен и слив с добавками и без них

Figure 2. Change in the corrosion rate of tinplate when exposed to liquid phase compotes of merries and plums with and without additives

Стационарные значения параметров коррозии

Table 1.

Stationary values of corrosion parameters

Коррозионная среда Corrosion medium	Ток поляризации I, mA Amperage of polarization I, ma	Скорость коррозии $V_{ст}$, мкм/год Corrosion rate V , $\mu\text{m}/\text{year}$
Компот из вишен без добавок Cherry compote with no additives	5,0 $\pm$ 0,1	8,3 $\pm$ 0,1
Компот из вишен + 0,3% пектина Cherry compote with 0.3% pectin	4,3 $\pm$ 0,1	5,1 $\pm$ 0,1
Компот из вишен + 0,1% желатина Cherry compote with 0.1% gelatin	3,0 $\pm$ 0,1	3,9 $\pm$ 0,1
Компот из вишен + 0,5% желатина Cherry compote with 0.5% gelatin	2,8 $\pm$ 0,1	3,7 $\pm$ 0,1
Компот из вишен + 0,5% гидролизованного желатина Cherry compote with 0.5% hydrolyzed gelatin	2,6 $\pm$ 0,1	2,8 $\pm$ 0,1
Компот из черешен без добавок Merry compote with no additives	3,5 $\pm$ 0,1	2,6 $\pm$ 0,1
Компот из черешен + 0,5% гидролизованного желатина Merry compote with 0.5% hydrolyzed gelatin	2,5 $\pm$ 0,1	2,5 $\pm$ 0,1
Компот из черешен + 0,5% пектина Merry compote with 0.5% pectin	2,5 $\pm$ 0,1	2,8 $\pm$ 0,1
Компот из слив без добавок Plum compote with no additives	2,5 $\pm$ 0,1	0,9 $\pm$ 0,1
Компот из слив + 0,5% гидролизованного желатина Plum compote with 0.5% hydrolyzed gelatin	1,8 $\pm$ 0,1	0,9 $\pm$ 0,1
Компот из слив + 0,5% пектина Plum compote with 0.5% pectin	2,7 $\pm$ 0,1	1,0 $\pm$ 0,1
Компот из персиков без добавок Peach compote with no additives	1,6 $\pm$ 0,1	1,9 $\pm$ 0,1
Компот из персиков + 0,5% гидролизованного желатина Peach compote with 0.5% hydrolyzed gelatin	1,4 $\pm$ 0,1	1,0 $\pm$ 0,1

Из таблицы 1 и рисунка 1 видно, что максимальная стационарная скорость коррозии для компота из вишен наблюдается у компота без добавок и составляет 8,3 мкм/год, а минимальная – у компота с добавлением 0,5% гидролизованного желатина и составляет 2,8 мкм/год. Таким образом, в результате внесения 0,5% гидролизованного желатина стационарная скорость коррозии белой жести снижается в 3 раза. Внесение пектина и обычного желатина оказывает несколько меньший ингибирующий эффект – стационарная скорость коррозии снижается в 1,6–2,2 раза. Для компота из персиков добавление 0,5% гидролизованного желатина приводит к снижению стационарной скорости коррозии ЭЖК в 1,9 раза (рисунок 1, таблица 1). Для компотов из черешен и слив внесение пектина, желатина и гидролизованного желатина не оказывает выраженного ингибирующего действия на скорость коррозии белой консервной жести (рисунок 2, таблица 1).

Таким образом, наиболее выраженный ингибирующий эффект для гидролизованного желатина (0,5%) наблюдается при добавлении в жидкую фазу компота из вишен. Это объясняется тем, что вишня отличается наиболее высоким содержанием антоцианов [12], которые способны образовывать комплексные соединения с ионами олова, что в результате приводит

к увеличению миграции олова с поверхности жести в продукт [13] и, следовательно, к увеличению скорости коррозии, т. е. антоцианы являются активаторами коррозионного процесса. Адсорбционный слой, образуемый молекулами желатина на поверхности металла, препятствует не только миграции ионов, но и образованию комплексов с антоцианами, т. е. ингибирующий эффект усиливается за счёт блокирования действия активатора (антоцианов).

Выводы

1) Добавление пектина, желатина и гидролизованного желатина в жидкую фазу компотов из вишен и персиков оказывает ингибирующее действие на скорость коррозии белой консервной жести. При внесении этих добавок в компоты из черешен и слив изменения скорости коррозии не наблюдается.

2) Наибольшее снижение стационарной скорости коррозии белой жести для компота из вишен наблюдается при внесении 0,5% гидролизованного желатина, т. е. данная добавка является наиболее эффективным ингибитором коррозии.

3) При производстве компотов из вишен и персиков, фасованных в металлическую упаковку, рекомендуется внесение в сироп 0,5% гидролизованного желатина с целью снижения потерь качества и увеличения срока хранения консервов.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Abdel-Rahman N.A.-G. Tin-plate corrosion in canned foods // Journal of Global Biosciences. 2015. V. 4. №7. P. 2966–2971
- 2 Abdallah M., Kamar E.M., El-Etre A.Y., Salah Eid Gelatin as Corrosion Inhibitor for Aluminum and Aluminum Silicon Alloys in Sodium Hydroxide Solutions // Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. 2016. V. 5. № 1. P. 140–148
- 3 Haruna K., Obot I.B., Anka N.K., Sorour A.A. et al. Gelatin: A green corrosion inhibitor for carbon steel in oil well acidizing environment // Journal of Molecular Liquids. 2018. V. 264. P. 515–525
- 4 Fares M.M., Maayta A.K., Al-Qudah M.M. Pectin as promising green corrosion inhibitor of aluminum in hydrochloric acid solution // Corrosion Science. 2012. V. 60. P. 112–117
- 5 Umoren S.A., Obot I.B., Madhankumar A., Gasem Z.M. Performance evaluation of pectin as eco-friendly corrosion inhibitor for X60 pipeline steel in acid medium: Experimental and theoretical approaches // Carbohydrate Polymers. 2015. V. 124. P. 280–291
- 6 Аймесон А. Пищевые загустители, стабилизаторы и гелеобразователи. СПб: Профессия, 2012. 407 с.
- 7 Колотова Д.С., Кучина Ю.А., Деркач С.Р. Свойства желатины из кожи северных рыб в зависимости от условий получения // Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств: материалы междунар. науч.-практ. конф. Мурманск: Изд-во МГТУ, 2016. С. 153–156
- 8 Третьякова Н.Р., Барашкина Е.В. Сокоосодержащие напитки с использованием растительных пищевых волокон: монография. Краснодар: ФГБОУ ВО "КубГТУ", 2017. 122 с.
- 9 Чавчанидзе А.Ш., Ракоч А.Г., Тимофеева Н.Ю., Базаркин А.Ю. Электрохимические исследования коррозионной стойкости металлических материалов в пищевых средах // Коррозия: материалы и защита. 2008. № 12. С. 10–16
- 10 Andryushchenko E.A., Kotlov Y.G., Polyakov S.G., Robsman G.I. et al. Evaluation of the corrosion aggressiveness of preserving media by the polarization resistance method // Protection Of Metals. 1988. V. 23. № 5. P. 636–638
- 11 Петров А.Н., Шавырин В.А., Базаркин А.Ю., Бессараб О.В. Определение коррозионной стойкости внутренней поверхности жестяных банок для консервированных продуктов // Пищевая промышленность. 2013. № 3. С. 10–12.
- 12 Дейнека Л.А., Чулков А.Н., Дейнека В.И., Сорокопудов В.Н., Шевченко С.М. Антоцианы плодов вишни и родственных растений // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2011. Т. 15. № 9–1(104). С. 367–373.
- 13 Salt F.W., Thomas J.G.N. The anaerobic corrosion of tin in anthocyanin solutions and fruit syrups // Journal of Applied Chemistry. 1957. V. 7. № 5. P. 231–238

REFERENCES

- 1 Abdel-Rahman N.A.-G. Tin-plate corrosion in canned foods. Journal of Global Biosciences. 2015. vol. 4. no. 7. pp. 2966–2971
- 2 Abdallah M., Kamar E.M., El-Etre A.Y., Salah Eid Gelatin as Corrosion Inhibitor for Aluminum and Aluminum Silicon Alloys in Sodium Hydroxide Solutions. Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. 2016. vol. 5. no. 1. pp. 140–148
- 3 Haruna K., Obot I.B., Anka N.K., Sorour A.A. et al. Gelatin: A green corrosion inhibitor for carbon steel in oil well acidizing environment. Journal of Molecular Liquids. 2018. vol. 264. pp. 515–525
- 4 Fares M.M., Maayta A.K., Al-Qudah M.M. Pectin as promising green corrosion inhibitor of aluminum in hydrochloric acid solution. Corrosion Science. 2012. vol. 60. pp. 112–117
- 5 Umoren S.A., Obot I.B., Madhankumar A., Gasem Z.M. Performance evaluation of pectin as eco-friendly corrosion inhibitor for X60 pipeline steel in acid medium: Experimental and theoretical approaches. Carbohydrate Polymers. 2015. vol. 124. pp. 280–291
- 6 Aimensson A. Pishchevye zagustiteli stabilizatory i geleobrazovateli [Food thickeners, stabilizers and gelling agents] Saint-Petersburg, Professija, 2012. 407 p. (in Russian)
- 7 Kolotova D.S., Kuchina Yu. A., Derkach S.R. Properties of gelatin from the skin of northern fish, depending on the conditions of production. Sovremennye ekologo-biologicheskie i khimicheskie issledovaniia tekhnika i tekhnologiiia proizvodstv [Actual ecological, biological and chemical research, equipment and production technology: papers of the international scientific-practical conference: part 2] Murmansk, MSTU, 2016. P. 153–156 (in Russian)
- 8 Tret'yakova N.R. Sokosoderzhashchie napitki s ispolzovaniem rastitelnykh pishchevykh volokon [Juice-containing drinks with the use of nutrition fibers: monograph] Krasnodar, KubSTU, 2017. 122 p. (in Russian)
- 9 Chavchanidze A. Sh. Electrochemical studies of metal materials corrosion resistance in food environments. Korroziia materialy i zashchita [Corrosion: materials and protection] 2008. no. 12. pp. 10–16 (in Russian)
- 10 Andryushchenko E.A., Kotlov Y.G., Polyakov S.G., Robsman G.I. et al. Evaluation of the corrosion aggressiveness of preserving media by the polarization resistance method. Protection Of Metals. 1988. vol. 23. no. 5. pp. 636–638 (in Russian)
- 11 Petrov A.N., Shavyrin V.A., Bazarkin A. Ju., Bessarab O.V. Determination of corrosion resistance of the inner surface of tin cans for canned products. Pishchevaia promyshlennost [Food industry] 2013, no. 3, pp. 10–12 (in Russian)
- 12 Dejneka L.A. et al. Anthocyanins of cherry fruit and related plants. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Estestvennye nauki [Scientific statements of Belgorod state University. Series: natural science] 2011, vVol. 15, no. 9–1(104), pp. 367–373 (in Russian)
- 13 Salt F.W., Thomas J.G.N. The anaerobic corrosion of tin in anthocyanin solutions and fruit syrups. Journal of Applied Chemistry. 1957. vol. 7. no. 5. pp. 231–238

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ольга В. Бессараб зав. отделом, отдел тары и упаковки, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Школьная, 78, г. Видное, Московская обл., 142703, Россия, upakovka@vniitek.ru

Татьяна Ф. Платонова к.т.н., вед. научный сотрудник, отдел тары и упаковки, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Школьная, 78, г. Видное, Московская обл., 142703, Россия, platokora@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Ольга В. Бессараб написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат
Татьяна Ф. Платонова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 13.06.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 19.07.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Olga V. Bessarab head of laboratory, laboratory of tare and packaging, All-Russian Scientific Research Institute of Canned Food Technology – a branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbato, Shkol'naya str., 78, Vidnoe, Moscow region, 142703, Russia, upakovka@vniitek.ru

Tatyana F. Platonova Cand. Sci. (Engin.), leading researcher, laboratory of tare and packaging, All-Russian Scientific Research Institute of Canned Food Technology – a branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbato, Shkol'naya str., 78, Vidnoe, Moscow region, 142703, Russia, platokora@yandex.ru

CONTRIBUTION

Olga V. Bessarab wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism
Tatyana F. Platonova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 6.13.2018

ACCEPTED 7.18.2018

Оптимизация процесса гранулирования комбикормов для молодняка кроликов и оценка их эффективности

Евгения С. Шенцова	¹	evgeniya-shencova@yandex.ru
Елена Е. Курчаева	²	alena.kurchaeva@yandex.ru
Александр В. Востроилов	²	alexandervostroilov@yandex.ru
Лидия А. Есаулова	²	esaulovalida@yandex.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

² Воронежский государственный аграрный университет имени им. Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия

Реферат. В состав комбикормов для молодняка кроликов при гранулировании вводили жидкую зерновую патоку в качестве связующего компонента. Для нахождения оптимальных параметров процесса гранулирования комбикормов, содержащих зерновую патоку, были проведены исследования на экспериментальной установке. Для повышения питательной ценности и усвояемости комбикормов в рецепты вводили пробиотические кормовые добавки «Спортермин», «ПроСтор», сорбенты «Карбитокс» и «Фунгистат-ГПК». Для нахождения оптимальных параметров процесса гранулирования комбикормов были проведены исследования на экспериментальной установке, включающей пресс-гранулятор, с применением метода статистического планирования многофакторного эксперимента. Получены математические модели процесса гранулирования комбикормов с зерновой патокой, устанавливающие зависимость крошимости гранул и потребляемой энергии от выбранных факторов: в результате гранулирования рассыпного комбикорма в условиях применения оптимальных режимов получены гранулы хорошего качества. В результате проведения комплексной оценки качества полнорационных гранулированных комбикормов установлено, что полученные комбикорма, исследованные по физико-химическим, органолептическим, микробиологическим показателям и показателям безопасности, соответствовали требованиям, предъявляемым к комбикормам для откормочного поголовья молодняка кроликов. Установлено, что кролики опытных групп, получавшие сбалансированный, составленный в соответствии с детализированными нормами рацион, лучше переваривают питательные вещества кормов по сравнению с контрольными сверстниками, что в дальнейшем оказало положительное влияние на показатели их мясной продуктивности. Обогащение комбикормов для откорма поголовья молодняка кроликов пробиотическими микроорганизмами, входящими в состав используемых пробиотических препаратов, оказывает положительное влияние на мясную продуктивность, сохранность, повышение биологической ценности мяса кроликов. Разработанные рецепты полнорационных комбикормов с вводом кормовых пробиотических добавок позволят повысить их усвояемость на 10–15%.

Ключевые слова: комбикорм, гранулирование, пробиотические добавки, переваримость питательных веществ

Determination of technological parameters of the granulation of mixed fodders for young rabbits and the evaluation of their effectiveness

Evgeniya S. Shentsova	¹	evgeniya-shencova@yandex.ru
Elena E. Kurchaeva	²	alena.kurchaeva@yandex.ru
Aleksandr V. Vostroilov	²	alexandervostroilov@yandex.ru
Lidiya A. Esaulova	²	esaulovalida@yandex.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

² Voronezh state agrarian University named after them. Petra I, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia

Summary. The composition of all-mashes for young rabbits when granulating liquid grain molasses was introduced as a binder. To find the optimal parameters of the process of granulation of all-mashes containing grain molasses, studies were conducted on an experimental setup. To improve the nutritional value and digestibility of all-mashes in the recipes were introduced probiotic feed additive "Sportermin", "Prostor" sorbents "Carbitoks" and "Fungistat-GPK". To find the optimal parameters of the process of granulation of all - mashes, studies were conducted on an experimental setup, including a press granulator, using the method of statistical planning of a multifactorial experiment. Mathematical models of the process of granulation of mixed fodders with grain molasses, establishing the dependence of granularity and energy consumption of the selected factors: as a result of granulation of loose feed under optimal conditions of good quality granules. As a result of a comprehensive evaluation of the quality of complete granulated all-mashwe found that the resulting all-mash, investigated by physico-chemical, organoleptic, microbiological and safety indices, meet the requirements for all-mash for feeding young rabbits. It is established that the rabbits of the experimental groups receiving a balanced, prepared in accordance with the detailed rules of the diet are better digested nutrients of the feed compared with the control peers, which further had a positive impact on the performance of their meat productivity. Enrichment of mixed fodders for feeding livestock calves rabbits probiotic microorganisms comprising the probiotic used preparations has a positive influence on meat efficiency, preservation and increase of biological value of rabbit meat. The developed recipes of complete feed with the introduction of feed probiotic additives will increase their digestibility by 10-15%.

Keywords: all-mash, granulation, probiotic additives, nutrient digestibility

Для цитирования

Шенцова Е.С., Курчаева Е.Е., Востроилов А.В., Есаулова Л.А. Оптимизация процесса гранулирования комбикормов для молодняка кроликов и оценка их эффективности // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 176–184. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-176-184

For citation

Shentsova E.S., Kurchaeva E.E., Vostroilov A.V., Esaulova L.A. Determination of technological parameters of the granulation of mixed fodders for young rabbits and the evaluation of their effectiveness. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 176–184. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-176-184

Введение

Научные исследования и практика кормления кроликов свидетельствует о том, что лучшее использование питательных веществ, содержащихся в отдельных кормовых средствах, достигается при скармливании их в виде комбикормов.

Сбалансированные по основным питательным веществам, они обеспечивают повышение продуктивности на 10–12%, а при обогащении их биологически активными веществами эффективность их повышается на 25–30%.

Питание животных считается полноценным, если они получают в составе рациона все необходимые питательные вещества, смешанные в определённом соотношении для данного вида, возраста и характера продуктивности.

Технология круглогодичного содержания кроликов в закрытых помещениях предусматривает применение гранулированных комбикормов во все биологические периоды.

Гранулированный полнорационный комбикорм имеет ряд преимуществ перед традиционными кормовыми средствами. Гранулы можно засыпать в кормушки на несколько дней, они охотно поедаются животными.

Для кроликов при клеточном разведении кормовыми компонентами рациона являются: зелень злаково-бобовая; сено хорошего качества; сочные корма – корне- и клубнеплоды. Из концентратов кроликам скармливают зерноотходы, комбикорм; из кормов животного происхождения – мясную, мясокостную и рыбную муку [3].

Установлено, что кролики хорошо поедают гранулированный комбикорм [1, 8, 11]. Оптимальный уровень сырого протеина в рационах самок основного стада в период воспроизводства составляет 31,0–39,0 г на голову в сутки, для взрослых кроликов в период покоя 25,0–30,0 г, а также молодняка 1–3 месячного возраста – 22,0–29,0 г. Оптимальный уровень сырой клетчатки в рационах кроликов в период воспроизводства составляет 29,0–36,0 г на голову в сутки, в остальные периоды допускается

23,0–28,0 г на голову в сутки, для молодняка кроликов (возраст от 1 до 3 месяцев) 20,0–32,0 г на голову в сутки [3].

Цель работы – изучение особенностей процесса гранулирования комбикормов для кроликов, выработанных в соответствии с предложенной рецептурой, и определение эффективности полученной продукции.

Материалы и методы

Оптимизацию рецептов полнорационных комбикормов для откорма поголовья молодняка кроликов проводили с использованием программного модуля «КормОптим» в условиях ООО «Корморесурс» (г. Воронеж).

Выработали 3 партии комбикормов, состав которых представлен в таблице 1. Для повышения питательной ценности и усвояемости комбикормов в рецепты вводили пробиотические кормовые добавки «Споротермин», «ПроСтор», сорбенты «Карбитокс» и «Фунгистат-ГПК». Выработку полнорационных гранулированных комбикормов проводили в условиях АО «ВЭКЗ» (г. Воронеж).

В выработанных комбикормах определяли содержание влаги методом высушивания, гигроскопическую влагу – при температуре 100–105 °С до постоянной массы, массовую долю сырого протеина – методом Кьельдаля, сырой жир – в аппарате Сокслета, сырую клетчатку, сырую золу – в соответствии с ГОСТ [4].

Опыт по кормлению кроликов гранулированным комбикормом проводили в закрытом помещении (в металлическом ангаре), оборудованном экспериментальными клетками для кроликов. Динамику живой массы учитывали индивидуальным взвешиванием. Для определения мясной продуктивности провели убой по 3 головы кроликов из каждой группы по методике ВИЖ, оценку качества мяса проводили по стандартным методикам. Эксперимент по определению поедаемости гранул провели в течение 11 дней на 9 кроликах 3-х месячного возраста, в специально оборудованных клетках с поддонами во избежание потерь гранул [5].

Таблица 1.

Рецепты опытных партий комбикормов

Table 1.

Recipes of experimental batches of compound feeds

Наименование Indicator	Содержание в рецепте, % Content in recipe, %		
	ПЗК-92-60-18 (контроль) PSC-92-60-18 (control)	ПЗК-92-62-18 ОПТИМА РЭББИТ PZK-92-62-18 OPTIMA RABBIT	ПЗК-92-63-18 РЭББИТ ПЛЮС PZK-92-63-18 RABBIT PLUS
1	2	3	4
Пшеница Wheat	6,0	6,0	6,0
Ячмень Barley	13,7	8,7	8,7
Ячмень без пленок Barley without films	9,0	–	–
Овес Oat	10,0	20,2	20,3

Продолжение табл. 1 | Continuation of table 1

1	2	3	4
Кукуруза Corn	10,0	–	–
Отруби пшеничные Wheat bran/	15,0	15,0	15,0
Жмых подсолнечный Sunflower meal	16,5	4,9	4,9
Шрот подсолнечный Sunflower meal	8,0	10,0	10,0
Мука травяная люцерны Flour grass alfalfa	10,0	28,5	28,4
Мука мясная Meat flour	–	3,00	3,00
Соль поваренная Table salt	0,2	0,10	0,10
Фосфат обесфторенный Phosphate fluorine free	–	1,4	1,4
Мел кормовой Chalk aft	1,0	1,4	1,4
Пробиотическая кормовая добавка Споротермин Probiotic feed additive Sporotermine	–	–	0,10
Ферментно-пробиотическая добавка Простор Enzyme-probiotic additive ProStor	–	0,10	–
Карбитокс Carbitocs	0,1	–	–
Фунгистат ГПК Fungistat GPK	–	0,20	0,20
КВП П90–1К KVP P90–1 K	0,5	0,50	0,50

Гранулы строго по массе засыпали в кормушки, остатки собирали ежедневно, взвешивали и фиксировали в журнале. Количество съеденных гранул определяли как разницу между заданным количеством и остатками. Просыпанные гранулы также взвешивали и учитывали. Балансовый опыт по изучению потребности отсаженного молодняка кроликов в протеине и определению питательности гранул провели по общепринятой методике [5]. Балансовый опыт, проведенный прямым методом, состоял из 2 периодов: предварительного и учетного, каждый сроком по 7 дней. В предварительный период уточняли суточное количество съеденного гранулированного комбикорма, в учетном периоде кормили животных установленной порцией гранул, собирали их остатки и выделения (кал, моча).

Результаты и обсуждение

Сырьё, применяемое для производства комбикормов, по содержанию питательных веществ должно обеспечить нормальное развитие организма кроликов и их продуктивность. Поэтому в комбикорма вводили ряд компонентов, в том числе витамины, микроэлементы в составе премиксов, пробиотические добавки [2, 14, 16].

При расчете рецептов применялись следующие компоненты: зерновое сырьё, продукты его переработки, жмыхи, шроты, мука травяная, сырьё животного и минерального происхождения. В качестве связующего вещества использовали зерновую патоку, полученную в результате гидролиза зерновых компонентов, входящих в состав рецептов. Жидкая зерновая патока содержит 30–35% сухих веществ. Она обладает высокой энергетической питательностью, улучшает углеводно-протеиновый баланс рациона, оказывает положительное влияние на здоровье животных.

Для нахождения оптимальных параметров процесса гранулирования комбикормов, содержащих зерновую патоку, были проведены исследования на экспериментальной установке, включающей пресс-гранулятор, с применением метода статистического планирования многофакторного эксперимента.

Известно, что на эффективность работы пресса влияют конструктивные, кинематические и технологические факторы. На основании исследований однофакторных зависимостей при изучении процесса гранулирования комбикормов с зерновой патокой были выбраны следующие факторы: подача продукта, расход пара, давление пара, зазор между валком и матрицей [6, 7, 15, 17].

В качестве основных критериев, характеризующих процесс гранулирования, выбраны качество готовых гранул, определяемых крошिमостью Y_1 , и потребляемая энергия на образование гранул Y_2 . Выбор двух критериев оптимизации позволяет более полно оценивать эффективность процесса гранулирования с учётом влияния одновременно действующих факторов.

При планировании эксперимента были установлены следующие уровни варьирования факторов:

подача продукта X_1	0,7–0,9 т/ч.
расход пара X_2	20–60 кг/ч
давление воздуха X_3	0,2–0,4 МПа
зазор между валком и матрицей X_4	5–9×10 ⁻⁴ м.

Была реализована матрица полнофакторного эксперимента ПФЭ-2⁴.

После реализации эксперимента проведена статистическая обработка данных.

Получены математические модели процесса гранулирования комбикормов с зерновой патокой, устанавливающие зависимость крошимости гранул Y_1 и потребляемой энергии Y_2 от выбранных факторов:

$$Y_1 = 5,1 + 0,612X_1 - 1,304X_2 + 1,451X_4 - 0,714X_1 X_2 + 0,405X_1 X_3 - 0,445X_2 X_3 - 0,463X_2 \cdot X_4$$

$$Y_2 = 12,94 + 0,782X_1 - 2,885X_2 + 0,672X_4 - 1,142X_1 \cdot X_2 + 1,835X_1 \cdot X_4 - 0,692X_2 \cdot X_4 - 0,611X_3 \cdot X_4$$

После получения математической модели был осуществлен поиск численных значений исследуемых факторов. В результате были установлены следующие оптимальные значения факторов:

$$X_1 = 0,83 \text{ т/ч}; X_2 = 42 \text{ кг/т}; X_3 = 0,30 \text{ МПа}; X_4 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ м}.$$

При этом $Y_1 = 7,4 \%$; $Y_2 = 9,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч/т}$.

При оптимальных значениях факторов, полученных при исследованиях с применением планирования эксперимента, были выработаны

опытные партии комбикормов с зерновой патокой. Установлено, что в результате гранулирования рассыпного комбикорма в условиях применения оптимальных режимов получены гранулы хорошего качества. Их крошимость составила 7,3–7,4%.

Таким образом, проведение процесса гранулирования комбикорма с зерновой патокой для кроликов при оптимальных параметрах позволяет получить продукцию высокого качества.

Полученные комбикорма по органолептическим показателям соответствовали требованиям ГОСТ 32897–2014 (таблица 2) [10].

Таблица 2.

Основные показатели качества выработанных комбикормов

Table 2.

The main indicators of quality of the developed compound feeds

Показатель Indicator	ПЗК-92-60-18 (контроль) PSC-92-60-18 (control)	ПЗК-92-62-18 ОПТИМА РЭББИТ PZK-92-62-18 OPTIMA RABBIT	ПЗК-92-63-18 РЭББИТ ПЛЮС PZK-92-63-18 RABBIT PLUS
Массовая доля влаги, % Mass fraction of moisture, %	14,0	13,7	13,8
Диаметр гранул, мм Diameter of granules, mm	4,7	4,7	4,7
Крошимость гранул, % Granularity, %	7,6	7,3	7,3
Проход через сито с отверстиями 2 мм, % Passage through a sieve with 2 mm holes, %	9,0	8,0	8,0

Полученные гранулы имели цилиндрическую форму с глянцевой и матовой поверхностью без посторонних примесей и плесени. Цвет – от серого до коричневого в соответствии с цветом входящих в рецептуру компонентов. Массовая доля сырого протеина в опытных и контрольном вариантах комбикормов составила не менее 16,3%. Токсичность и патогенная микрофлора не обнаружены.

Комбикорма, соответствовали требованиям стандартов по влажности и крупности (ГОСТ Р 51899-2002).

В ходе определения качества полученных комбикормов установлено, что они однородны по содержанию соли и мела. Показатель степени однородности в комбикормах для молодняка кроликов не ниже 70%.

Изменение качества разработанных комбикормов в процессе их хранения изучали по следующим показателям: содержание растворимых и легкогидролизуемых углеводов, витаминов В₁ и В₂, атакуемость углеводов и протеина гидролитическими ферментами и санитарно-гигиеническим показателем. В гранулированном комбикорме определяли токсичность, наличие сальмонелл, кишечную палочку, общую бактериальную обсемененность (таблица 3).

Использование в составе комбикорма комплексов пробиотика-сорбента способствовало снижению бактериальной обсемененности полученного комбикорма. Другие показатели не претерпели существенных изменений при хранении.

Так, содержание витаминов В₁ и В₂, растворимых и легкогидролизуемых углеводов осталось на прежнем уровне. Это свидетельствует о высокой степени сохранности биологических веществ.

В результате проведения комплексной оценки качества полнорационных гранулированных комбикормов установлено, что полученные комбикорма, исследованные по физико-химическим, органолептическим, микробиологическим показателям и показателям безопасности, соответствовали требованиям, предъявляемым к комбикормам для откормочного поголовья молодняка кроликов.

Исследования эффективности полнорационных гранулированных комбикормов проводились на поголовье молодняка кроликов породы советская шиншилла в возрасте 60 суток, подобранных по принципу групп-аналогов и разделенных на 3 группы. В каждой группе было подобрано по 10 голов. Кролики всех групп содержались в одинаковых условиях. Исследования были проведены в условиях частного хозяйства Воронежской области в 2018 году.

Кролики 1 группы (контрольной) получали комбикорм ПЗК-92-60-18, кролики 2 группы (1-й опытной) получали комбикорм ПЗК-92-62-18 ОПТИМА РЭББИТ и 3 группы (2-й опытной) получали ПЗК-92-63-18 РЭББИТ ПЛЮС в соответствии с нормами кормления и потребности в энергии.

Таблица 3.

Качество комбикормов серии ПКЗ-92 в процессе хранения

Table 3.

Quality mixed feed series PKZ-92 during storage

Показатель Indicator	Комбикорм Mixed fodder		
	ПЗК-92-60-18 (контроль) PSC-92-60-18 (control)	ПЗК-92-62-18 ОПТИМА РЭББИТ PZK-92-62-18 OPTIMA RABBIT	ПЗК-92-63-18 РЭББИТ ПЛЮС PZK-92-63-18 RABBIT PLUS
Свеже выработанный/ после 30 суток хранения/ Freshly prepared / after 30 days of storage			
Растворимые углеводы, % Soluble carbohydrates, %	4,8/4,7	4,5/4,5	4,9/4,8
Легко гидролизующиеся углеводы, % Easily hydrolyzed carbohydrates, %	34,9/33,4	37,5/36,8	33,5/33,2
Витамин В ₁ , мг% Vitamin B ₁ , mg%	0,23/0,22	0,20/0,19	0,22/0,21
Витамин В ₂ , мг% Vitamin B ₂ , mg%	0,22/0,20	0,25/0,23	0,22/0,20
Атакуемость углеводов амилазными ферментами, мг/г Atachment carbohydrates amilolitics coenzymes, mg/g	46,1/45,8	100,8/99,6	102,2/101,5
Атакуемость протеина протеолитическими ферментами, мг/г Protein susceptibility by proteolytic enzymes, mg / g	4,5/4,3	4,5/4,3	4,5/4,3
Микробные клетки, КОЕ в 1 г Microbial cells, CFU in 1 g	2×10 ⁴ / 3×10 ²	3×10 ² / 1×10 ²	1×10 ² / 1×10 ²
Сальмонеллы КОЕ в 25 г. Salmonella CFU in 25 g	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют
Кишечная палочка, E.coli/г E. coli / g	Отсутствуют	Отсутствуют	Отсутствуют

Динамика живой массы отражает характер и уровень кормления поголовья молодняка кроликов [9]. На этапе постановки эксперимента масса кроликов контрольной и опытных групп была практически одинаковой и составила в среднем 39,6 г. По достижении возраста

120 суток кролики 1-й группы (контрольной) характеризовались живой массой, которая была меньше массы особей 1-й опытной группы на 138,0 г, или 4,33% ($P < 0,05$), 2-й опытной группы – на 244,9 г, или 7,74% ($P < 0,01$) (таблица 4).

Таблица 4.

Динамика живой массы кроликов, г ($X \pm S_x$)

Table 4.

Dynamics of live weight of rabbits, g ($x \pm S$)

Возраст, суток Age, days	Группа Group		
	1 группа (контроль) 1 group (control)	2 группа (1 опытная) 2 group (1 st experimental grup)	3 группа (2 опытная) 3 group (2 nd experimental grup)
1	39,58±0,12	39,60 ± 0,16	39,78±0,15
60	1587,14 ± 22,67	1597,43±18,54	1591,29±21,27
120	3180,5±20,17	3318,8±22,24	3425,4±21,09
Средне-суточный прирост Average daily growth	26,55±0,75	27,02±0,86	29,23±0,74
Сохранность, % Safety, %	90,0	90,0	100,0

Показатели убоя животных дают представление о количественной стороне мясной продуктивности животного. Но такие показатели, как предубойная масса, масса парной туши и ее выход, не дают полного представления о пищевой ценности. Важным является морфологический состав туш, который отражает количественное соотношение мышечной, жировой, костной и соединительной тканей.

Высокая биологическая пластичность и приспособленность к самым различным условиям содержания выделяет кроликов из всех сельскохозяйственных животных. Следует отметить, что недостаточное и несбалансированное кормление приводит к задержке роста отдельных частей тела животных, особенно

снижается выход мышечной ткани и возрастает доля костной и соединительной тканей. Поэтому результаты исследования морфологического состава тушек кроликов позволяют более точно охарактеризовать изменения, которые происходят на фоне применения полнорационных гранулированных комбикормов с добавлением пробиотических добавок и сорбентов. Установлено, что использование гранулированных комбикормов с добавлением иммобилизованной высушенной споровой биомассы бактерий *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* способствует повышению сохранности и резистентности сельскохозяйственных животных, а также нормализации микробиоценоза и увеличения приростов живой массы [14, 16].

Процессы пищеварения не ограничиваются основной функцией – перевариванием питательных веществ и всасыванием их в крови одновременно пищеварение оказывает влияние на весь организм животного через промежуточный и общий обмен веществ [16, 18]. По количеству и химическому составу веществ, принятых животным, количеству и составу выделившегося кала судят о степени переваримости и роли пищеварительного тракта в обмене веществ.

Переваримость питательных веществ рационов у всех животных варьировала в пределах от 41,19% до 75,31% (таблица 5).

Коэффициенты переваримости в опытных группах были достоверно больше: в 1-й опытной группе, потреблявшей ПЗК-92-62-18

ОПТИМА РЭББИТ: сырого протеина на 16,07%, сырой клетчатки на 12,79%, сухого вещества на 12,09%, органического вещества на 10,76% ($P < 0,01$). Переваримость сырого протеина во 2-ой опытной группе кроликов, потреблявшей ПЗК-92-63-18 РЭББИТ ПЛЮС составила 68,66%, контрольной – 53,24%.

Сырая клетчатка переваривалась кроликами 2-й опытной группы на 48,64%, 1-й опытной группой на 41,19%, что соответственно на 18,08% и 12,79% выше (разница достоверна $P < 0,01$), чем в контрольной группе. Сухое вещество переваривалось кроликами на 74,45%, органическое вещество – на 75,21%, что на 15,56% и 11,19% эффективнее контрольной группы.

Таблица 5.

Переваримость питательных веществ ($M \pm m$, $n = 3$), %

Table 5.

Digestibility of nutrients ($m \pm m$, $n = 3$), %

Показатель Indicator	Группа Group		
	1 группа (контроль) 1group (control)	2 группа (1 опытная) 2group (1 st experimental grup)	3 группа (2 опытная) 3group (2 nd experimental grup)
Сырой протеин Crude protein	53,24±1,25	61,80±1,14	64,66±1,17
Сырая клетчатка Crude fiber	41,19±2,48	46,46±2,81	48,64±2,18
Сухое вещество Dry matter	64,42±1,95	72,21±1,93	74,45±1,85
Органическое вещество Organic matter	66,34±1,60	73,48±1,66	75,31±2,22

Таким образом, кролики опытных групп, получавшие сбалансированный, составленный в соответствии с детализированными нормами рационов лучше переваривают питательные вещества кормов по сравнению с контрольными сверстниками, что в дальнейшем оказало положительное влияние на показатели их мясной продуктивности.

Проведенный анализ морфологического состава охлажденных тушек кроликов показал, что включение в рацион кроликов гранулированного комбикорма, обогащенного комплексом пробиотик-сорбент оказало благоприятное влияние на выход мышечной ткани (таблица 6).

Предубойная живая масса, а также масса парной тушки кроликов опытных групп была выше по сравнению с массой животных контрольной группы.

Наиболее высокая предубойная масса была во 2-й опытной группе кроликов и составила 3275,4 г. По сравнению с контрольной группой кроликов предубойная масса 2 опытной группы кроликов была больше на 134,5 г или 4,29%, по сравнению с 1 опытной группой на 69,3 г, или 2,20% ($P < 0,05$).

Таблица 6.

Морфологический состав тушек ($n = 3$)

Table 6.

Morphological composition of carcasses ($n = 3$)

Показатель Indicator	1 группа (контроль) 1group (control)	2 группа (1 опытная) 2group (1 st experimental grup)	3 группа (2 опытная) 3group (2 nd experimental grup)
Предубойная живая масса, г Preslaughter live weight, g	3140,5±21,17	3209,8±25,64	3275,4±18,57
Масса парной тушки, г The mass of carcass meat, g	1798,0±21,17	1889,5±21,17	2085,0±21,17
Убойный выход, % Lethal output, %	58,36±0,15	59,42±0,21	62,33±0,17
Выход мякоти, % The output of pulp, %	71,82±2,45	73,25±2,49	76,86±3,18
Индекс мясности Meat index	3,26±0,78	3,55±0,62	4,49±0,55

Во 2-й опытной группе кроликов выход тушки составил 62,33%, что больше по сравнению с контрольной и 1-й группами на 6,8 и 4,89% соответственно.

Кролики 1 опытной группы превосходили животных контрольной группы по массе парной тушки на 91,5 г (5,08%; $P < 0,05$), 2 опытной группы – на 287 г. (15,96%; $P < 0,01$). Аналогичная закономерность была отмечена по выходу мышечной ткани, полученной после обвалки. Кролики контрольной группы уступали по данному показателю сверстникам опытных групп на 1,99 и 5,04% соответственно; $P < 0,01$).

Рассчитанный индекс мясности показал, что кролики 2-й опытной группы, получавшие гранулированный комбикорм ПЗК-92-63-18 РЭББИТ ПЛЮС (комплекс Споротермин-Фунгистат-ГПК) имеют больший показатель индекса мясности – 4,49, по сравнению с кроликами 1-й опытной группы, получавшей гранулированный комбикорм ПЗК-92-62-18 ОПТИМА РЭББИТ (комплекс ПроСтор – Фунгистат-ГПК) и контрольной, получавшей комбикорм ПЗК-92-60-18 – 3,55 и 3,26 единиц соответственно.

Показатели качества мяса напрямую зависят от химического состава и энергетической ценности [12–14]. В таблице 7 представлен химический состав мяса кроликов.

Таблица 7.

Химический состав мяса кроликов, $M \pm s$

Table 7.

Chemical composition of rabbit meat, $m \pm s$

Показатель Indicator	Группа Group		
	1 группа (контроль) 1 group (control)	2 группа (1 опытная) 2 group (1 st experimental group)	3 группа (2 опытная) 3 group (2 nd experimental group)
Массовая доля влаги, % Mass fraction of moisture, %	73,40±0,55	72,80±0,66	72,30±0,58
Массовая доля белка, % Mass fraction of protein, %	19,40±0,29	20,02±0,32	20,55±0,40
Массовая доля жира, % Mass fraction of fat, %	6,17±0,46	6,14±0,42	6,10±0,41
Массовая доля золы, % Mass fraction of ash, %	1,03±0,05	1,04±0,03	1,05±0,04

Применение при кормлении кроликов пробиотических добавок совместно с сорбентами способствовало повышению массовой доли белка в мышечной ткани. Содержание массовой доли белка и жира в мышечной ткани кроликов контрольной группы и опытных групп отличалось незначительно, достоверных различий выявлено не было, хотя наименьшее количество жира отмечено у кроликов 2 опытной группы, получавшей гранулированный комбикорм ПЗК-92-63-18 РЭББИТ ПЛЮС.

Закключение

Получены математические модели процесса гранулирования комбикормов с зерновой патокой, устанавливающие зависимость крошимости гранул и потребляемой энергии от выбранных факторов:

В результате проведения комплексной оценки качества полнорационных гранулированных комбикормов установлено, что полученные комбикорма, исследованные по физико-

химическим, органолептическим, микробиологическим показателям и показателям безопасности, соответствовали требованиям, предъявляемым к комбикормам для откормочного поголовья молодняка кроликов.

При оптимальных значениях факторов, полученных при исследованиях с применением планирования эксперимента, были выработаны опытные партии комбикормов с зерновой патокой. Установлено, что в результате гранулирования рассыпного комбикорма в условиях применения оптимальных режимов гранулы хорошего качества. Их крошимость и удельный расход электроэнергии соответствовала установленным требованиям.

Обогащение комбикормов для откорма поголовья молодняка кроликов пробиотическими микроорганизмами, входящими в состав используемых препаратов оказывает положительное влияние на мясную продуктивность, сохранность, повышение биологической ценности мяса кроликов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ревазов Ч.В. Переваримость питательных веществ у кроликов калифорнийской породы // Научная жизнь. 2017. № 1. С. 69–75.
2. Жидик И.Ю., Заболотных М.В. Влияние цеолита природного холинского месторождения на минеральный и витаминный состав мяса кроликов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2016. № 6 (117). С. 144–148.
3. Макарец Н.Г. Кормление сельскохозяйственных животных. Калуга: Изд-во «Ноосфера», 2012. 640 с.
4. Методические указания по оценке качества и питательности кормов. М. 2002, 75 с.
5. Кладовщиков В.Ф., Самков Ю.А. Методические указания. Изучение переваримости питательных веществ корма, баланса азота и энергии у пушных зверей. М., 1975. 50 с.
6. Ланге П. Производство гранулированного комбикорма // Комбикорма. 2010. № 6. С. 67–68.
7. Устинова Л. Комплексная линия для выработки гранулированного комбикорма // Комбикорма. 2011. № 2. С. 47–48.
8. Смирнова И.Р., Чувакин Р.А. К использованию комбикормов в рационах кроликов // Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции. РАЗВИТИЕ НАУКИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ. 2017. С. 31–34.
9. Ландихова Е.Л., Осипова Н.В. Влияние оптимизированного кормления на продуктивные качества кроликов породы советская шиншилла // Новое в науке XXI века. Межвузовский научный сборник. 2007. № 5. С. 22–25.
10. ГОСТ 32897 – 2014 Комбикорма для пушных зверей, кроликов и нутрий. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2016. 15 с.
11. Колотыгина И.А. Эффективность использования в кормлении пушных зверей сухих полнорационных комбикормов // Молодежь и наука. 2016. № 1. С. 64.
12. Dietary protein quality evaluation in human nutrition : Report of an FAO Expert Consultation. Rome: FAO, 2013. 66 p. URL: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>.
13. Молчанова Е.Н., Суслиянов Г.М. Оценка качества и значение пищевых белков // Хранение и переработка сельхозсырья. 2013. № 1. С. 16–22.
14. Giang H.H., Viet T.Q., Ogle B., Lindberg J.E. Growth performance, digestibility, gut environment and health status in weaned piglets fed a diet supplemented with a complex of lactic acid bacteria alone or in combination with *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces boulardii* // LivestSci. 2012. № 143. P. 132–41.
15. Шенцова Е.С., Панин И.Г., Гречишников В.В., Панин А.И. Оценка погрешностей содержания питательных и биологически активных веществ в комбикормовой продукции // Вестник ВГУИТ. 2015. № 4. С. 109–115.
16. Востроилов А.В., Курчаева Е.Е. Использование пробиотического препарата "Ветом3.0" в рационах кормления кроликов // Сборник статей IX Международной научно-практической конференции «Прорывные научные исследования: проблемы, закономерности, перспективы» в 4 частях. 2017. С. 156–159.

17. Панин И.Г. Вероятностная методика расчета рецептов комбикормов // Аграрная наука. 2004. № 10. С. 13–15.

18. Алексеев Г.В., Гончаров М.В., Лей А.Г., Кривоустов В.В. Численные подходы к моделированию процесса экспандирования. Вестник ВГУИТ. 2017, № 79(2), С. 53–60. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-2-53-60>

REFERENCES

1. Revazov Ch. V. Digestibility of nutrients in rabbits of California breed. *Nauchnaya zhizn'* [Scientific life] 2017. no. 1. pp. 69–75. (in Russian)
2. Zhedik I. Yu., Zabolotnykh V.M. The Influence of natural zeolite of mine of the deposit on mineral and vitamin composition of rabbit meat. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Krasnoyarsk state agrarian University] 2016. no. 6 (117). pp. 144–148. (in Russian)
3. Makartsev N. G. Kormlenie sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh [Feeding of farm animals: Textbook for universities] Kaluga, Publishing house "Noosphere", 2012. 640 p. (in Russian)
4. Metodicheskie ukazaniya po ocenke kachestva i pitatel'nosti kormov [Guidelines for the evaluation of feed quality and nutrition] Moscow, 2002, 75 p. (in Russian)
5. Kladovshikov F.V., Samkov Y.A. Metodicheskie ukazaniya. Izuchenie perevarimosti pitatel'nyh veshchestv korma, balansa azota i ehnergii u pushnyh zverey [Guidelines. Study of digestibility of feed nutrients, nitrogen and energy balance in fur animals] Moscow, 1975. 50 p. (in Russian)
6. Lange P. Production of granular all-mash. *Kombikorma* [All-mashes] 2010. no. 6. pp. 67–68. (in Russian)
7. Ustinova L. Complex line for the production of granulated *Kombikorma* [All-mashes] .2011. no. 2. pp.47–48. (in Russian)
8. Smirnova I.R., Chuvakin R.A. To the use of compound feed in the rabbit rations. *Materiialy Mezhdunarodnoj (zaочноj) nauchno-prakticheskoy konferencii. RAZVITIE NAUKI V SOVREMENNOM MIRE* [Materials of the International (extramural) scientific-practical conference. The DEVELOPMENT OF SCIENCE IN the MODERN WORLD] 2017. pp. 31–34. (in Russian)
9. Landikhova E.L., Osipova N.V. Influence of the optimized feeding on productive qualities of rabbits of breed Soviet chinchilla. *Novoe v nauke XXI veka. Mezhvuzovskij nauchnyj sbornik* [New in science of XXI century. Interuniversity scientific collection] 2007. no. 5. pp. 22–25. (in Russian)
10. GOST 32897 – 2014 Kombikorma dlya pushnyh zverey, krolikov i nutrij. Obshchie tekhnicheskie usloviya [All-mash for fur animals, rabbits and nutria. General specifications] Moscow, STANDARTINFORM, 2016. 15 p. (in Russian)
11. Kolotygina I.I. Use efficiency in the feeding the dry animal feed. *Molodezh i nauka* [Youth and science] 2016. no. 1. pp. 64. (in Russian)
12. Diet protein quality evaluation in human nutrition : Report of an FAO Expert Consultation. Rome, FAO, 2013, 66 p. Available at: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>.

13 Molchanova E.N., Sukanek G.M. Evaluation of the quality and value of food proteins. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya* [Storage and processing of agricultural products] 2013. no. 1. pp. 16–22. (in Russian)

14 Giang H.H., Viet T.Q., Ogle B., Lindberg J.E. Growth performance, digestibility, gut environment and health status in weaned piglets fed a diet supplied with a complex of lactic acid bacteria alone or in combination with *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces boulardii*. *Living Sci.* 2012. no. 143. pp. 132–41.

15 Shencova E.S., Panin I.G., Grechishnikov, V.V., Panin A.I. Assessment of errors in content of nutrient and biologically active substances in the all-mash production. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET] 2015. no. 4. pp. 109–115 (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Евгения С. Шенцова д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, evgeniya-shencova@yandex.ru

Елена Е. Курчаева к.т.н., доцент, докторант кафедры частной зоотехнии, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, alena.kurchaeva@yandex.ru

Александр В. Востроиллов д.с.-х.н., профессор, заведующий кафедрой частной зоотехнии, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, alexander-vostroilov@yandex.ru

Лидия А. Есаулова к.б.н., доцент, кафедра общей зоотехнии, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, esaulovalida@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Евгения С. Шенцова предложил методику проведения эксперимента и организовал производственные испытания

Елена Е. Курчаева обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты

Александр В. Востроиллов предложил методику проведения эксперимента

Лидия А. Есаулова консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 01.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.08.2018

16 Vostroilov A.V., Kurchaeva E.E. The use of probiotic preparation "Vetom 3.0" in the diet of feeding rabbits. *Sbornik statej IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Proryvnye nauchnye issledovaniya: problemy, zakonomernosti, perspektivy»* [Collection of articles IX International scientific and practical conference "Breakthrough research: problems, patterns, prospects" (in 4 parts)] 2017. pp. 156–159. (in Russian)

17 Panin I.G., Probabilistic method of calculation of all-mash recipes feed. *Agrarnaya nauka* [Agricultural science] 2004. no. 10. pp. 13–15. (in Russian)

18 Alekseev G.V., Goncharov M.V., Leu A.G., Krivopustov V.V. Numerical approaches to expansion process modeling. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the VSUET]. 2017. no. 79(2). pp. 53–60. (In Russian) <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-2-53-60>

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Evgeniya S. Shentsova Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, evgeniya-shencova@yandex.ru

Elena E. Kurchaeva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, PhD student of chair of private animal husbandry, Voronezh state agrarian University named after Emperor Peter I, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, alena.kurchaeva@yandex.ru

Aleksandr V. Vostroilov Dr. Sci. (Agr.), head. chair of private zootechnics, Voronezh state agrarian University named after Emperor Peter I, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, alexandervostroilov@yandex.ru

Lidiya A. Esaulova Cand. Sci. (Biol.), associate professor, department of General animal science, Voronezh state agrarian University named after Emperor Peter I, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, esaulovalida@yandex.ru

CONTRIBUTION

Evgeniya S. Shentsova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Elena E. Kurchaeva review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Aleksandr V. Vostroilov consultation during the study

Lidiya A. Esaulova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.1.2018

ACCEPTED 8.20.2018

Специализированный продукт в форме БАД для коррекции обменных нарушений нервной системы

Боисджони Тохириён¹ tohiriyoni@gmail.com

Валерий М. Позняковский¹ pvm1947@bk.ru

¹ Уральский государственный экономический университет, 8 марта 62, г. Екатеринбург, 620144, Россия

Реферат. Разработана новая таблетированная форма биологически активной добавки для коррекции обменных нарушений нервной системы – БАД «София». Особенности технологии указанной формы БАД заключаются в предотвращении окислительных процессов рецептурных ингредиентов за счет незначительного количества влаги и исключения активного воздействия кислорода. Биологически активный комплекс способен активизировать запоминание и воспроизведение информации, скорость мышления и уровень общего энергетического потенциала за счет улучшения работы центральной нервной системы. Сбалансированный комплекс растительных компонентов используемых для получения нового вида БАД – экстракт гинкго билоба, валериана, лимонник китайский, пустырник позволяет достичь необходимого эффекта, при котором проявляется выраженное действие названных компонентов. Перечисленные компоненты тонизируют трофику нервной системы, улучшают обменные процессы, способствуют нормализации и профилактике повышенного артериального давления. Наличие в составе нового вида БАД аминокислот (незаменимые и заменимые): цистеин, триптофан, глицин, фенилаланин, тирозин и глютаминовая кислота, выполняет роль нейромедиатора в ЦНС, позволяет регулировать углеводно-жировой обмен, ускорять процесс передачи импульса по нервному волокну, не допуская при этом перевозбуждения. Подавляющее большинство входящих аминокислот свойственно антидепрессивное действие. Входящий в рецептурный состав нового вида БАД витамины группы В способствуют насыщению энергией, обеспечивая ее максимальное использование нервной тканью, а также восстановлению структуры нервной ткани. Установлены регламентируемые показатели пищевой ценности специализированного продукта, определяющие его функциональную направленность. Эффективность подтверждена клиническими испытаниями на группе больных с вегето-сосудистой дистонией. Показано гигиеническое благополучие разработанного продукта, установлены сроки и режимы хранения, проведена промышленная апробация.

Ключевые слова: центральная нервная система, комплексная терапия, функциональная направленность, эффективность

Biologically active complex multifactorial support of the central nervous system

Boisdzhoni Tohiriyon¹ tohiriyoni@gmail.com

Valerii M. Poznyakovskii¹ pvm1947@bk.ru

¹ Ural State University of Economics, March 8, 62, Ekaterinburg, 620144, Russia

Summary. Developed a new tablet form BAA multifactorial support the central nervous system - BAA «Sophia». Technology features of this form of BAA are the prevention of oxidative processes of compounding ingredients at the expense of a small amount of moisture and eliminating active oxygen exposure. Biologically active complex is able to activate the memorization and reproduction of information, speed of thinking and the level of total energy capacity by improving the work of the central nervous system. A balanced combination of active principles (schisandrachinensis, Ginkgo biloba) and sedatives (Valerian, motherwort) of plant components allows to achieve the effect of fine-tuning, which is very well manifested the effect of these components. The ingredients improve nervous tissue trophism, tonus of brain vessels, normalizes venous outflow and contribute to the prevention of high blood pressure. The presence of complex essential and non-essential amino acids such as tryptophan, glycine, tyrosine and glutamic acid, to regulate the synthesis of neurotransmitters in the Central nervous system, molecular basis of memory, to optimize carbohydrate and fat metabolism, accelerate the process of impulse transmission along the nerve fiber, while avoiding overstimulation. For most incoming amino acids typical antidepressant effects. Part of the complex Inositol is one of the main nutritional components of nervous tissue, which helps to restore its structure. B vitamins contribute to the saturation energy, I guarantee its maximum use by the nervous tissue. Installed regulated indicators of food value of the specialized product that determine its functional orientation. The effectiveness is confirmed by clinical tests in the group of patients with dystonia. Shown hygienic well-being of the developed product, periods and modes of storage of spent industrial testing.

Keywords: biologically active food supplement, supplement formula, central nervous system, complex therapy, functional properties, efficacy

Для цитирования

Тохириён Б., Позняковский В.М. Специализированный продукт в форме БАД для коррекции обменных нарушений нервной системы // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 185–189. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-185-189

For citation

Tohiriyon B., Poznyakovskiy V.M. Biologically active complex multifactorial support of the central nervous system. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 185–189. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-185-189

Введение

Заболевания головного мозга на протяжении многих лет остается актуальной медицинской и социальной проблемой из-за высокой распространенности и тяжёлых последствий для здоровья [1–3,6–8].

Начальный период рассматриваемых патологии характеризуется эмоциональной неустойчивостью, раздражительностью, повышением утомляемости. Неблагоприятные воздействия различных факторов окружающей среды, в том числе повышенное влияние на организм свободных радикалов приводят к более тяжелым проявлениям нарушений деятельности мозга повышается [4–6].

Головная боль, головокружения, нарушение сна носят постоянный характер, снижается активность мыслительных процессов. Отсутствие своевременных профилактических мероприятий может привести к инсульту, другим заболеваниям нервной и сердечно-сосудистой систем даже в молодом возрасте [15–18]. Немаловажное значение в решении рассматриваемых вопросов имеет фактор питания, в частности использование в рационе специализированных продуктов, в том числе биологически активных добавок (БАД) [9–14].

Материалы и методы

В качестве материалов использованы растительное сырье и препараты биологически активных веществ. Применяли общедоступные и специальные методы исследования качества, безопасности, эффективности и функциональной направленности нового продукта.

Результаты и обсуждение

Научно обоснован рецептурный состав новой таблетированной формы БАД «София» направленный на коррекции обменных нарушений нервной системы, ингредиентный состав которой составляет, мг/ 1 таблетка: глицин-75, тирозин-150, антиоксидантный комплекс-100, экстракт пустырника-25, экстракт валериана-10, экстракт гинкго билоба-20, лимонник китайский-25, инозитол-75, витамины В1–0,85, В3–10, В10–75.

Сбалансированный комплекс растительных компонентов используемых для получения нового вида БАД – экстракт гинкго билоба, валериана, лимонник китайский, пустырник позволяет достичь необходимого эффекта при котором проявляется выраженное действие названных

компонентов. Перечисленные компоненты тонизируют трофику нервной системы, улучшают обменные процессы, способствуют нормализации и профилактике повышенного артериального давления. Наличие в составе нового вида БАД аминокислот (незаменимые и заменимые): цистеин, триптофан, глицин, фенилаланин, тирозин и глютаминовая кислота, выполняет роль нейромедиатора в ЦНС, позволяет регулировать углеводно-жировой обмен, ускорять процесс передачи импульса по нервному волокну, не допуская при этом перевозбуждения. Подавляющее большинство входящих аминокислот свойственно антидепрессивное действие. Входящие в рецептурный состав нового вида БАД витамины группы В, способствуют насыщению энергией, обеспечивая ее максимальное использование нервной тканью, а также восстановлению структуры нервной ткани.

Важно отметить, что в новом специализированном продукте экстракт пустырника и валериана используются в композиции с новым составом добавляемых витаминов и минералов, которые характеризуются однонаправленными функциональными свойствами в отношении коррекции метаболизма при психофизиологических нагрузках, в частности при улучшении энергетического обмена в мышцах и центральной нервной системы (улучшает работу умственной деятельности центральной нервной системы).

Технология производства новой таблетированной формы БАД обеспечивает незначительное содержание влаги (около 3 %) и отсутствие активной аэрации, что предотвращает разрушительное действие окислительных процессов в отношении биологически активных веществ и их действующих начал.

Этот эффект, а также щадящие технологические параметры производства обеспечивают высокие качественные характеристики предложенного специализированного продукта, в том числе сохранение пищевой ценности и функциональной направленности.

Проведены комплексные исследования потребительских свойств разработанного продукта. Результаты испытаний позволили определить регламентируемые показатели качества (таблица 1) и пищевой ценности (таблица 2) характеризующие функциональную направленность БАД [19].

Таблица 1.

Органолептические, физико-химические показатели и пищевой ценности БАД «София»

Table 1.

Organoleptic, physicochemical characteristics and nutritional values of food supplement "Sophia"

Наименование показателя (характеристики) Characteristic	Содержание характеристики Description
Органолептические показатели Organoleptic characteristics	
Внешний вид Appearance	Таблетки овальной формы, покрытые прозрачной оболочкой, таблетки содержат в своем составе пеллеты Oval tablets with transparent coating, contain pellets
Цвет Color	Бежевый, с вкраплениями пеллет коричневого и зеленого цветов Beige, with brown and green pellets
Физико-химические показатели Physicochemical characteristics	
Распадаемость, мин Disintegration time	не более 30 not longer than 30 min
Средняя масса таблеток, г Tablet average weight, g	1,2 ± 0,12
Прочность на излом, Н, не менее Tensile strength, N, not less	90
Прочность на истирание, %, не менее Friability strength, %, not less	97

Результаты санитарно-гигиенических и санитарно-токсикологических испытаний показали их соответствие требованиям технического регламента [12] и позволили установить сроки и режимы хранения – 3 года в сухом, защищенном от света месте, при температуре не выше 25 °С.

Разработанный продукт имеет следующие конкурентные преимущества:

— комплексы испытуемой серии характеризует стойкая антиоксидантная защита организма на протяжении 24 часов благодаря входящему в основу каркаса комплекса «Цифрол – 5»;

— научно обоснованная рецептура БАД обеспечивает направленное и пролонгированное действие;

— пеллетированная форма ингредиентов позволяет запрограммированно, в определенном порядке, высвобождать активные вещества из каркасной таблетки;

— однократный прием комплекса делает применение удобным и доступным;

— физиологическая дозировка активных веществ обеспечивает отсутствие привыкания, других побочных эффектов.

Таблица 2.

Пищевая ценность БАД «София»

Table 2.

Nutritional value of food supplement "Sophia"

Пищевая ценность, мг в 1 таблетке Nutritional value, mg per tablet	мг/ mg	% от РСНП % of dietary reference intake
коэнзим Q10 / coenzyme Q10	1.25 ± 0,125	8
гесперидин / hesperidin	20 ± 2,0	20
витамин С / vitamin C	12,5 ± 0,125	17,8
витамин В1 / vitamin B1	0,85 ± 0,125	50
витамин В6 / vitamin B6	1,0 ± 0,1	50
никотинамид / nicotinamid	10 ± 1,0	50
пантотенат кальция / calcium pantothenate	2,5 ± 0,25	50
витамин Е / vitamin E	5 ± 0,5	50
бета-каротин / B-carotene	1,75 ± 0,175	35
дигидрокверцетин / dihydroquercetin	5 ± 0,5	20
глицин / glycine	75 ± 7,5	-
тирозин / tyrosine	50 ± 15	-
глутаминовая кислота / glutamic acid	65	-
схизандрин / schizandrin	0,4	-
гингофлавоновые гликозиды / ginkgo flavone glycosides	3,0	-

Эффективность и функциональная направленность подтверждены клиническими испытаниями на группе больных с вегетососудистой дистонией и хроническими нарушениями мозгового кровообращения.

Заключение

Сделано заключение, что комплекс «София» способствует нормализации мозгового кровотока, осуществляет профилактику гипоксии и снижения питания тканей мозга, обладает выражены антиоксидантным действием.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Австриевских А.Н., Вековцев А.А., Позняковский В.М. Продукты здорового питания: новые технологии, обеспечение качества, эффективность применения. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. 416 с.
- 2 Кондратьев А.В., Шнайдер Н.А., Шульмин А.В. Эпидемиология головных болей // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. С. 23.
- 3 Лебедева Е.Р., Кобзева Н.Р., Гилев Д.В., Олесен Д. Анализ организации медицинской помощи и ведения больных с первичными головными болями // Уральский медицинский журнал. 2014. № 6(120). С. 174–182.
- 4 Осипова В.В., Азимова Ю.Э., Табеева Г.Р. и др. Диагностика головных болей в России и странах постсоветского пространства: состояние проблемы и пути её решения // Анналы клинической и экспериментальной неврологии. 2012. Т. 6. № 2. С. 16–22.
- 5 Lafaille F.G. et al. Impaired intrinsic immunity to HSV-1 in human iPSC-derived TLR3-deficient CNS cells // Nature. 2012. V. 91(7426). P. 769–773.
- 6 Lund N., Westergaard M.L., Barloese M. et al. Epidemiology of concurrent headache and sleep problems in Denmark // Cephalalgia. 2014. V. 34. № 10. P. 833–845.
- 7 Челнакова Н.Г., Позняковский В.М. Питание и здоровье современного человека. М.: Изд-во «Старые русские», 2015. 224 с.
- 8 Stovner L., Hagen K., Jensen R., Katsarava Z. et al. The global burden of 353 headache: a documentation of headache prevalence and disability worldwide // Cephalalgia. 2007. V. 27(3). P. 193–210.
- 9 Mirmiran P., Bahadoran, Z., Azizi F. Functional foods-based diet as a novel dietary approach for management of type 2 diabetes and its complications: A review // World J. Diabetes. 2014. № 5. P. 267–281.
- 10 Fulgoni V.L.III, Keast D.R., Bailey R.L., Dwyer J. Foods, fortificants, and supplements: Where do Americans get their nutrients? // J. Nutr. 2011. № 141. P. 1847–1854.
- 11 Fenech M., El-Sohemy A., Cahill L., Ferguson L.R. et al. Nutrigenetics and nutrigenomics: Viewpoints on the current status and applications in nutrition research and practice // J. Nutr. Nutr. 2011. V. 4. P. 69–89.
- 12 Gemming L., Jiang Y., Swinburn B., Utter J. et al. Under-reporting remains a key limitation of self-reported dietary intake: An analysis of the 2008/09 New Zealand Adult Nutrition survey // Eur. J. Clin. Nutr. 2013. P. 259–264.
- 13 Witte K.K., Byrom R. Micronutrients for chronic heart failure: End of the road or path to enlightenment? // JACC Heart Fail. 2014. № 2. P. 318–320.
- 14 Mozaffarian D., Ludwig D.S. Dietary guidelines in the 21st century – A time for food // JAMA. 2010. № 304. P. 681–682.

Улучшает функционирование центральной и периферической нервной системы, снижает утомляемость, повышает внимание и его концентрацию, нормализует состояние эмоциональной сферы.

Благодарности

Исследования выполнены на базе кафедры терапии факультета повышения квалификации и дипломной подготовки специалистов Сибирского государственного медицинского университета (г. Томск) под руководством Заслуженного врача РФ, профессора Э.И. Белобородовой.

15 Герасименко Н.Ф., Позняковский В.М., Челнакова Н.Г. Здоровое питание и его роль в обеспечении качества жизни // Технологии пищевой и перерабатывающей пром-ти АПК – продукты здорового питания. 2016. № 4 (12). С. 52–57

16 Здоровье России: Атлас. М.: ИЦССХ им. А.Н.Бакулева РАМН, 2012. 408 с.

17 Позняковский В.М., Чугунова О.В., Тамова М.Ю. Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки. М.: ИНФРА-М, 2017. 143 с.

18 Vekovtsev A.A., Tokhiriyon B., Chelnakov A.A., Poznyakovsky V.M. Evidence for Effectiveness and Functional Properties of Specialized Product in Clinical Trial. // Human. Sport. Medicine. 2017, vol. 17, no. 3, pp. 94–101. doi: 10.14529/hsm170310.

19 Технологический регламент ТС 027 / 2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического, лечебного и диетического профилактического питания». URL: docs.cntd.ru/document/902352823.

REFERENCES

- 1 Avstrievskikh A.N. Produkty zdorovogo pitaniia novye tekhnologii obespechenie kachestva effektivnost primeneniia [Healthy nutrition products: new technologies, quality assurance, efficacy] Novosibirsk, Siberian University Publishing House, 2005. 416 p. (in Russian)
- 2 Kondratiev A.V., Shneider N.A., Shulmin A.V. Headache epidemiology. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia* [Modern science and education problems] 2015. no. 6. pp. 23 (in Russian)
- 3 Lebedeva E.R., Kobzeva N.R., Gilyov D.V., Olesen D. Health care organization analysis and management of patients with primary headaches. *Uralskii meditsinskii zhurnal* [Ural Medical Journal] 2014. no. 6(120). pp. 174–182. (in Russian)
- 4 Osipova V.V., Azimova Yu.E., Tabeeva G.R., et al. Headache diagnosis in Russia and former Soviet republics: problems and solutions. *Annaly klinicheskoi i eksperimentalnoi neurologii* [Annals of clinical and experimental neurology]. 2012. vol. 6. no. 2. pp. 16–22. (in Russian)
- 5 Lafaille F.G. et al. Impaired intrinsic immunity to HSV-1 in human iPSC-derived TLR3-deficient CNS cells. *Nature*. 2012. vol. 91(7426). pp. 769–773.
- 6 Lund N., Westergaard M.L., Barloese M. et al. Epidemiology of concurrent headache and sleep problems in Denmark. *Cephalalgia*. 2014. vol. 34. no. 10. pp. 833–845.
- 7 Chelnakova N.G., Poznyakovsky V.M. Pitanie i zdorove sovremennogo cheloveka [Contemporary people nutrition and health] Moscow, Publishing House «Old Russians», 2015. 224 p. (in Russian)

8 Stovner L, Hagen K, Jensen R, Katsarava Z. et al. The global burden of 353 headache: a documentation of headache prevalence and disability worldwide. Cephalalgia. 2007. vol. 27(3). pp. 193–210.

9 Mirmiran P., Bahadoran, Z., Azizi F. Functional foods-based diet as a novel dietary approach for management of type 2 diabetes and its complications: A review. World J. Diabetes 2014. no. 5. pp. 267–281.

10 Fulgoni V.L.III, Keast D.R., Bailey R.L., Dwyer J. Foods, fortificants, and supplements: Where do Americans get their nutrients? J. Nutr. 2011. no. 141. pp. 1847–1854.

11 Fenech M., El-Sohemy A., Cahill L., Ferguson L.R. et al. Nutrigenetics and nutrigenomics: Viewpoints on the current status and applications in nutrition research and practice. J. Nutr. Nutr. 2011. vol. 4. pp. 69–89.

12 Gemming L., Jiang Y., Swinburn B., Utter J. et al. Under-reporting remains a key limitation of self-reported dietary intake: An analysis of the 2008/09 New Zealand Adult Nutrition survey. Eur. J. Clin. Nutr. 2013. pp. 259–264.

13 Witte K.K., Byrom R. Micronutrients for chronic heart failure: End of the road or path to enlightenment? JACC Heart Fail. 2014. no. 2. pp. 318–320.

14 Mozaffarian D., Ludwig D.S. Dietary guidelines in the 21st century – A time for food. JAMA 2010. no. 304. pp. 681–682.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Бонсджони Тохириён к.т.н., доцент, кафедра товароведения и экспертизы, Уральский государственный экономический университет, 8- марта, 62, г. Екатеринбург, 620019, Россия, tohiriyoni@gmail.com

Валерий М. Позняковский д.б.н., профессор, кафедра Технологии питания, Уральский государственный экономический университет, ул. 8-марта, 62, г. Екатеринбург, 620019, Россия, pvm1947@bk.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Бонсджони Тохириён написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат
Валерий М. Позняковский консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 17.05.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 16.08.2018

15 Gerasimenko N.F., Poznyakovsky V.M., Chelnakova N.G. Healthy nutrition and its role in life quality assurance. *Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvaiushchei prom-ti APK produkty zdorovogo pitaniia* [Technologies of food and processing industry in agribusiness – healthy nutrition products] 2016. no. 4(12). pp. 52–57 (in Russian)

16 Zdorove Rossii Atlas [Russia's health: Atlas / Edited by Bokeria L.A. 8th edition] Moscow, Bakoulev Centre for Cardiovascular Surgery, Russian Academy of Medical Sciences, 2012. 408 p. (in Russian)

17 Poznyakovsky V.M., Chugunova A.A., Tamova M.Yu. Food ingredients and dietary supplements [Nutrition ingredients and biologically active food supplements] Moscow, INFRA-M, 2017. 143p. (in Russian)

18 Vekovtsev A.A., Tokhiriyon B., Chelnakov A.A., Poznyakovsky V.M. Evidence for Effectiveness and Functional Properties of Specialized Product in Clinical Trial. Human. Sport. Medicine, 2017, vol. 17, no. 3, pp. 94–101. doi: 10.14529/hsm170310.

19 Tekhnologicheskii reglament TS 027 2012 O bezopasnosti otdelnykh vidov spetsializirovannoi pishchevoi produktsii v tom chisle dieticheskogo lechnogo i dieticheskogo profilakticheskogo pitaniia [Manufacturing formula TC 027 / 2012 Product safety of some specialized food products, including dietary, medical and preventive nutrition] Available at: docs.cntd.ru/document/902352823 (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Boisdzhoni Tohiriyon Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Department of Commodity Research and Expertise, Ural State Economic University, 8th of March, 62, Ekaterinburg, 620019, Russia, tohiriyoni@gmail.com

Valerii M. Poznyakovskii Dr. Sci. (Biol.), professor, department of nutrition technology, Ural state University of Economics, March 8, 62, Ekaterinburg, 620019, Russia, pvm1947@bk.ru

CONTRIBUTION

Boisdzhoni Tohiriyon wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism
Valerii M. Poznyakovskii consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 5.17.2018

ACCEPTED 8.16.2018

Сравнительный анализ морфо-физиологических особенностей проростков *Triticum vulgare* после воздействия наночастиц металлов

Анастасия М. Короткова	^{1,2}	anastasiaporv@mail.ru
Ольга В Кван	^{1,2}	kwan111@yandex.ru
Людмила А. Быкова	¹	artem197812@mail.ru
Ольга С. Кудрявцева	¹	kudrvceva.1997@mail.ru
Татьяна С. Виденеева	¹	videneeva.tat@yandex.ru
Александр И. Вишняков	¹	ferupin@mail.ru

¹ Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, пр. Победы, 13

² Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий российской академии наук, г. Оренбург, 9 Января, 29

Реферат. В статье представлен материал, указывающий на нарушение минерального обмена растений в результате вторичного загрязнения тяжелыми металлами, которые при повышенных концентрациях оказывают токсическое действие на самые разнообразные физиологические процессы и занимают одно из центральных мест в проблеме устойчивости растительных организмов к неблагоприятным факторам внешней среды. Значительный интерес привлекают наночастицы на основе железа, меди и никеля. Исследование механизмов адаптации растений к структурно различающимся нанометаллам с позиции изменения ряда физиолого-биохимических параметров актуально для более полного понимания адаптационных возможностей организмов в условиях техногенных наноматериалов. Таким образом, анализ содержания фотосинтетических пигментов позволил сформировать согласованные представления об избирательности влияния нанометаллов на компоненты пигментной системы проростков, зависящей как от состава металла, так и от его концентрации. Полученные результаты экспериментальных исследований служат дополнительным доказательством существования избирательности при активации той или иной реакции антиоксидантной системы растений, определяемой природой наноматериала. Однако, изменение в уровне активных форм кислорода (АФК) в присутствии никеля и меди можно отнести к неспецифической ответной реакции растений, поскольку аналогичные изменения характерны для разнообразных видов стрессов растений и в большинстве случаев требуют дальнейших исследований. В результате проведенных исследований, было получено, что основной «мишенью» действия наночастиц (НЧ) металлов оказалась корневая система растений, что определило интерес к выявлению механизмов фитотоксичности с акцентом на исследование клеточного повреждения именно в этой части растений.

Ключевые слова: тяжелые металлы, наночастицы, индекс толерантности, фотосинтетические пигменты, активные формы кислорода, анализ жизнеспособности клеток

Comparative analysis of morpho-physiological features of *Triticum vulgare* sprouts after exposure to metal nanoparticles

Anastasiya M. Korotkova	^{1,2}	anastasiaporv@mail.ru
Olga V. Kvan	^{1,2}	kwan111@yandex.ru
Lyudmila A. Bykova	¹	artem197812@mail.ru
Olga S. Kudryavtseva	¹	kudrvceva.1997@mail.ru
Tatyana S. Videneeva	¹	videneeva.tat@yandex.ru
Aleksandr I. Vishnyakov	¹	ferupin@mail.ru

¹ Orenburg state university, Orenburg, Pobedy sq., 13

² Federal scientific center of biological systems and technologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, 9 January, 29

Summary. In this article violation of the mineral metabolism of plants as a result of secondary contamination with heavy metals (HM), which at high concentrations have a toxic effect on a wide variety of physiological processes, occupies a central place in the problem of the resistance of plant organisms to unfavorable environmental factors. Nanoparticles based on iron, copper and nickel are of considerable interest. The study of the mechanisms of plant adaptation to structurally different nanometals (NM) from the position of changing a number of physiological and biochemical parameters is relevant for a more complete understanding of the adaptive capabilities of organisms in conditions of technogenic nanomaterials. Analysis of the content of photosynthetic pigments allowed the formation of consistent ideas about the selectivity of the effect of nanometals on the components of the pigment system of seedlings, depending both on the composition of the metal and on its concentration. The obtained results serve as additional evidence of the existence of selectivity in the activation of a particular reaction of the plant's antioxidant system, determined by the nature of the nanomaterial. However, a change in the level of ROS in the presence of Ni²⁺ and Cu²⁺ can be attributed to the non-specific response of plants, since similar changes are characteristic of a variety of stresses of plants and in most cases require further research. In this aspect the main "target" of the action of LF metals was the root system of plants, which determined the interest in identifying mechanisms of phytotoxicity with an emphasis on the study of cell damage in this part of plants.

Keywords: heavy metals, nanoparticles, tolerance index, photosynthetic pigments, active forms of oxygen, cell viability analysis

Для цитирования

Короткова А.М., Кван О.В., Быкова Л.А., Кудрявцева О.С., Виденеева Т.С., Вишняков А.И. Сравнительный анализ морфо-физиологических особенностей проростков *Triticum vulgare* после воздействия наночастиц металлов // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 190–195. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-190-195

For citation

Korotkova A.M., Kvan O.V., Bykova L.A., Kudryavtseva O.S., Videneeva T.S., Vishnyakov A.I. Comparative analysis of morpho-physiological features of *Triticum vulgare* sprouts after exposure to metal nanoparticles. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 190–195. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-190-195

Введение

Чрезвычайное разнообразие наночастиц металлов (НЧМ) и других наноматериалов привело к широкому их использованию в промышленности, сельском хозяйстве, биологии и медицине. НЧМ вызывают биологический ответ, отличающийся от действия традиционной ионной формы элементов. Некоторые из них в небольших дозах менее токсичны, чем металлы в ионной форме [1, 2].

В обширном перечне имеющейся литературы в области нанотехнологий существенное место отводится оценке биологических эффектов НЧМ на растения, а именно ростовым показателям и биохимическим показателям [1–5].

В связи с тем, исследование механизмов биологического влияния НЧМ с позиции изменения ряда физиолого-биохимических параметров актуально для более полного понимания адаптационных возможностей растительных организмов к техногенным наноматериалам.

Цель работы – комплексное исследование физиолого-биохимических механизмов устойчивости и/или чувствительности проростков *Triticum vulgare* к наночастицам металлов.

Материалы и методы

Объектом исследования послужили семена пшеницы мягкой *Triticum vulgare* Vill., соответствующие 1 классу. В качестве материала исследования были выбраны коммерчески доступные нанопорошки Ni^0 (ООО «Передовые порошковые технологии», г. Томск) и Cu^0 (ООО «Плазмотерм», г. Москва) диаметром $57 \pm 1,15$ нм и $54 \pm 2,06$ нм, соответственно.

Содержание фотосинтетических пигментов (ФП) определяли в этанольном экстракте из листьев спектрофотометрическим методом по стандартной методике [6] с видоизменениями [1]. Уровень внутриклеточного содержания активных форм кислорода (АФК) устанавливали по интенсивности флуоресценции 0,25 мкМ 2,7-дихлородигидрофлуоресцеин диацетата (DCFH-DA), в качестве положительного контроля использовали 35 мкМ H_2O_2 [5, 7]. Определение гидроксильного радикала HO проводили по флуоресценции 7-гидроксикумарин-3-карбоновой кислоты (7-ОН-ККК) [9], положительным контролем служил реактив Фентона – 50 мкМ $CuSO_4$ и 25 мМ H_2O_2 [1]. Генерацию супероксид-анион радикала O_2^- в корнях проростков определяли по окислению адреналина при 347 нм, при этом положительным контролем была система генерации O_2^- – 0,05 мМ рибофлавин (РФ) и 1 мМ тетраметилэтилендиамин (ТЕМЕД) [1, 8].

Результаты и обсуждение

Интегральная оценка результатов тестирования ИТ по энергии прорастания (Е) и морфо-метрическим характеристикам проростков *T. vulgare* после 48 часов воздействия НЧ металлов позволила зафиксировать низкую устойчивость растений к Cu^0 и Ni^0 . Подсчет энергии прорастания (Е) показал достоверное снижение ($P < 0,05$) показателя при внесении в среду проращивания НЧ Cu^0 и Ni^0 . При этом, наиболее выраженное влияние на процент прорастания было отмечено для НЧ Cu^0 : в присутствии металла происходило резкое, на порядок большее (по сравнению с контролем) угнетение пророста семян (в 44 раза), вплоть до полного его подавления при концентрациях 0,5 и 1 М. Вместе с тем, в присутствии НЧ Ni^0 в разведениях от 0,1 до 1 М значение Е было ниже контроля в 16,7 раза, соответственно ($P < 0,05$).

Развернутый анализ метрических показателей проростков *T. vulgare* после 48 часов воздействия НЧ металлов и их оксидов показал, что применение НЧ Cu^0 и Ni^0 способствовало уменьшению роста проростков, которое усиливалось с возрастанием концентрации металла в среде культивирования. Особенно это отчетливо видно на примере с НЧ Cu^0 , заметно подавляющих рост первого листа до 11 раз, а корня – до 19 раз по отношению к контролю ($P \leq 0,05$). В то же время, НЧ Ni^0 уменьшали рост корня до 7,4 раз по сравнению с контролем, а рост первого листа – до 5,3 раз, соответственно ($P < 0,05$).

Нами также установлено, что Cu^0 и Ni^0 влияли даже на устойчивый к действию большинства металлов процесс заложения латеральных корней [1]. Так, Ni^0 снижал количество боковых корней до $3,4 \pm 1,02$ шт. (против $4,6 \pm 0,11$ шт. в контроле), Cu^0 – увеличивала до $6,8 \pm 0,17$ шт. Снижение адвентивных корней, вероятно, является общим проявлением специфической реакции растений к металлам [10]. Интересно отметить, что растения, выращенные в присутствии Ni^0 и Cu^0 , характеризовались развитием более компактной корневой системой по сравнению с интактными образцами. Причем в вариантах с Cu^0 наблюдалось ветвление по типу «гусиной лапки» и образование растений-«карликов». Похожие результаты по влиянию на ростовые и морфологические параметры корней показаны как на ионных, так и наноформах меди [11].

Итак, на основе ростовых характеристик *T. vulgare* мы рассчитали ИТ, который в целом был меньше для корневой системы, чем для листьев. Это представляется вполне закономерным, поскольку корень является первичной «мишенью» действия многих металлов (таблица 1).

Соотношение фотосинтетических пигментов в листьях проростков *T. vulgare*
после 48-часового воздействия НЧ металлов

Table 1.

The ratio of photosynthetic pigments in the leaves of sprouts *T. vulgare*
after 48-Hourly impact of the LF metals

Концентрация НЧ металлов, М (Concentration NP, M)		Хл. a/b (Chl. a/b)	Хл/Кар (Chl/Car)	Концентрация НЧ металлов, М (Concentration NP, M)		Хл. a/b (Chl. a/b)	Хл/Кар (Chl/Car)
Контроль (Control)		2,68	7,83	Контроль (Control)		2,68	7,83
Cu°	0,0125	2,27*	5,05	Ni°	0,0125	2,68	7,88
	0,025	2,03*	4,85		0,025	2,85*	7,27*
	0,05	2,03*	6,33*		0,05	3,57*	6,73*
	0,1	2,22*	6,23		0,1	3,74*	6,65*
	0,5	—	—		0,5	3,51	7,02*
	1	—	—		1	3,97*	6,43*

Примечание: * – вариант достоверно отличающийся от контроля (значение $P \leq 0,05$)

Note: * – The variant is reliably different from the control (value $p \leq 0.05$)

Анализ содержания фотосинтетических пигментов (ФП) позволил сформировать согласованные представления об избирательности влияния нанометаллов на компоненты пигментной системы проростков, зависящей как от состава металла, так и от его концентрации. На фоне воздействия Cu⁺ и Ni⁺ отмечалось снижение пула хлорофиллов на 19% и 18,5% соответственно. Детализация подобного ингибирующего эффекта продемонстрировала видоспецифичное влияние указанных металлов на отдельные формы хлорофилла. Так, Cu⁺ способствовала уменьшению Хл а (на 22–33% относительно контроля), а Ni⁺ в концентрациях более 0,05 М снижал содержание Хл b (на 45,5–81,8%) ($P > 0,05$).

Исследование про-/антиоксидантного статуса проростков *Triticum vulgare* после воздействия наночастиц металлов

Изменение роста корней пшеницы после внесения Cu⁺ и Ni⁺ определило интерес к более точному анализу прооксидантных эффектов последних. Так, флуориметрическое измерение DCFH-DA позволило констатировать достоверное ($P < 0,05$) прямопропорциональное увеличение общей суммы АФК в корнях по сравнению с отрицательным контролем после воздействия Cu⁺ (до 35,8%). В целом, уровень АФК опытных образцов был на 39% ниже относительно положительного контроля (35 мкМ H₂O₂). Полученные результаты согласуются с микроскопией апекса корней проростков, согласно которой наиболее выраженная флуоресценция регистрировалась после воздействия Cu⁺ в зоне корневого чехлика (рисунок 1).

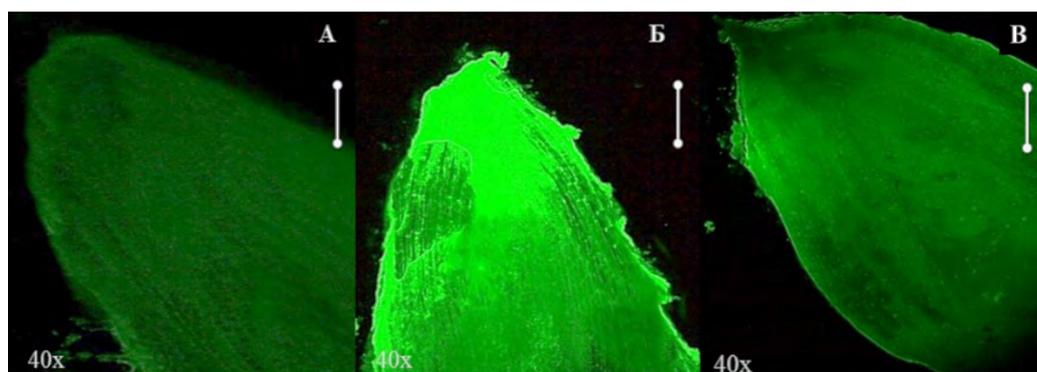


Рисунок 1. Флуоресценция DCF на расстоянии 0,5 см от апекса в отрицательном контроле (А) и после воздействия 0,1 М Cu⁺ (Б) и Ni⁺ (В), увеличение 40х (бар 50 мкм)

Figure 1. Fluorescence DCF at a distance of 0.5 cm from apex in negative control (a) and after exposure 0.1 m CU⁺ и Ni⁺ (b), increase 40s (bar 50 microns)

Влияние НЧ металлов на выработку радикалов HO· в корневой части *T. vulgare* заключалось в увеличении интенсивности флуоресцентного сигнала 7-ОН-ККК. Так, наиболее выраженное статистически значимое по сравнению с контролем

($P < 0,05$) накопление количества HO зафиксировано при воздействии Cu⁺ в дозе 0,05 и 0,1 М (до 8,5 и 13,6%). Несмотря на это, уровень радикалов был ниже, чем после обработки растений реактивом Фентона (на 8,7–12%). В тоже время,

наличие в среде Ni^0 в существенной мере не влияло на образование $\text{HO}^\bullet$ радикалов (менее 3%).

Кроме того, обнаружено, что скорость образования O_2^- прогрессивно нарастала после экспозиции с Ni^0 (от 52 до 68% относительно отрицательного контроля). На этом фоне Cu^0 увеличивали выработку $\text{O}_2^\bullet$ – в меньшей степени (до 12,5%) ($P < 0,05$), что согласуется с динамикой выработки данного радикала, показанной на примере *Arabidopsis thaliana* [11]. Стоит отметить то, что величина определяемого показателя была более чем в 2 раза ниже, чем у растений, выросших в системе генерации O_2^- .

В ходе исследования нами также установлен интенсивный флуоресцентный сигнал 7-ОН-ККК радикалов $\text{HO}^\bullet$ после проращивания *T. vulgare* с наномедью. Наиболее выраженное статистически значимое ($P < 0,05$) накопление количества $\text{HO}^\bullet$ в корневой части растений по сравнению с контролем наблюдалось при

воздействии НЧ Cu^0 в дозе 0,05 и 0,1 М – на 8,5 и 13,6% соответственно. Несмотря на это, уровень радикалов был ниже, чем после обработки растений реактивом Фентона (на 8,7–12%). Наличие в среде CuO и Ni^0 в существенной мере не влияло на образование $\text{HO}^\bullet$ -радикалов (накопление менее 3%).

Результаты также показали, что скорость образования O_2^- – прямопропорционально увеличивается после экспозиции *T. vulgare* с Ni^0 на 52–68% выше отрицательного контроля (рисунок 2). В тоже время, Cu^0 увеличивала выработку O_2^- в меньшей степени (на 12,5%). Стоит отметить то, что величина определяемого показателя была более чем в 2 раза ниже, чем у растений, выросших в среде системы генерации O_2^- . В недавней работе [11] также обнаружено увеличение O_2^- и H_2O_2 после воздействия наномеди на примере *Arabidopsis thaliana*.

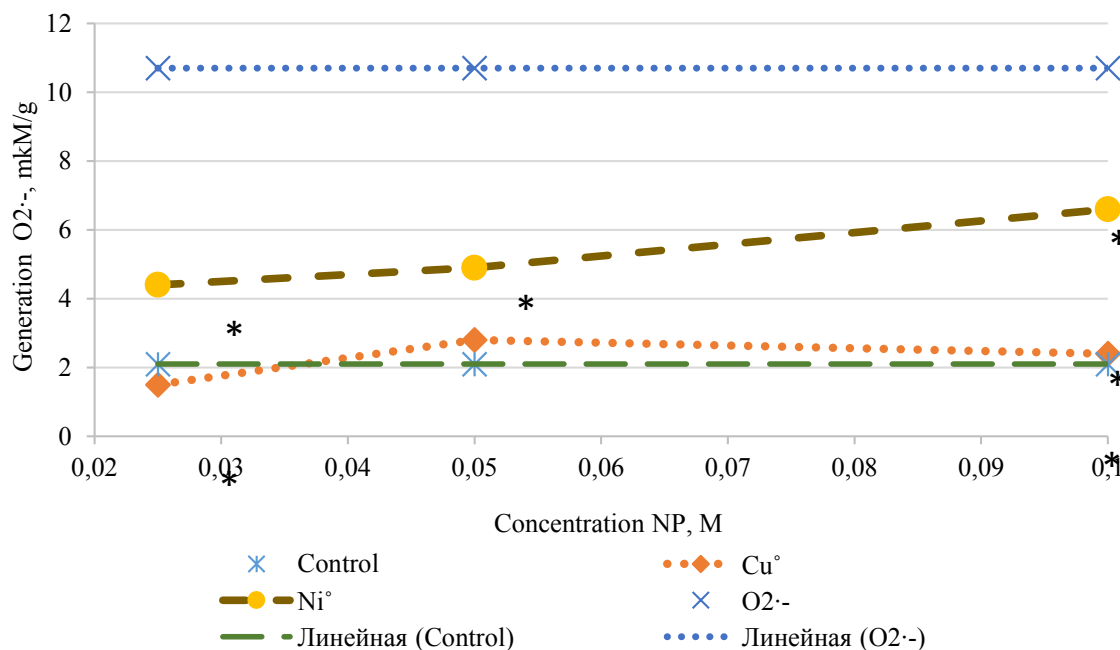


Рисунок 2. Скорость генерации супероксид-аниона O_2^- – по аутоокислению адреналина в экстракте из корней проростков *T. vulgare* после 48-часового воздействия НЧ Cu^0 и Ni^0 ; * $P \leq 0,05$

Figure 2. Speed of generation of superoxide-anion about O_2^- – on auto-oxidation of adrenaline in extract from roots of sprouts *T. vulgare* after 48-Hourly exposure to Cu^0 and Ni^0 ; * $P \leq 0,05$

Таким образом, модельное растение *T. vulgare* обладает видоспецифичной чувствительностью к изменениям содержания Cu^0 и Ni^0 в наноформе: Ni^0 стимулирует выработку O_2^- , а Cu^0 – общий пул АФК, включающий H_2O_2 и $\text{HO}^\bullet$.

Полученные результаты служат дополнительным доказательством существования избирательности при активации той или иной реакции антиоксидантной системы растений, определяемой природой наноматериала. Однако, изменение в уровне АФК в присутствии Ni^0 и Cu^0 можно

отнести к неспецифической ответной реакции растений, поскольку аналогичные изменения характерны для разнообразных видов стрессов растений и в большинстве случаев требуют дальнейших исследований. В этом аспекте основной «мишенью» действия НЧ металлов оказалась корневая система растений, что определило интерес к выявлению механизмов фитотоксичности с акцентом на исследование клеточного повреждения именно в этой части растений.

Выводы

1. Обнаружено уменьшение устойчивости проростков *T. vulgare* после воздействия меди и никеля в наноформе, что проявляется снижением энергии прорастания семян и ростовых показателей.

2. Зарегистрировано специфичное снижение общего содержания хлорофилла *a* (медь) и хлорофилла *b* (Ni°) в листьях, что свидетельствует об избирательности ответной реакции

пигментной системы проростков в ответ на действие металлов.

Установлено избирательное накопление перекиси водорода и гидроксильных радикалов в корнях проростков под действием H_2O_2 Cu° и гидроксильных радикалов– после обработки растений нано- Ni° .

Благодарности

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ 18-316-00116.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Короткова А.М. Влияние наночастиц металлов и их оксидов на физиолого-биохимические показатели растения *Triticum vulgare* Vill. Уфа: Башкирский государственный университет, 2017. 194 с.
- 2 Khana I., Saeed K., Khan I. Nanoparticles: Properties, applications and toxicities // *Arabian Journal of Chemistry*. 2017. URL: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2017.05.011>.
- 3 Дерябина Т.Д. Адаптивные реакции и пределы толерантности *Triticum aestivum* и *Allium cepa* L. к наночастицам меди и железа. Оренбург, 2015. 23 с.
- 4 Masarovicova E., Kralova K. Metal nanoparticles and plants // *Ecol. Chem. Eng.* 2013. № 20(1). P. 9–22.
- 5 Faisal M., Saquib Q., Alatara A. A., Al-Khedhairi A.A. Phytotoxic hazards of NiO-nanoparticles in tomato: a study on mechanism of cell death // *J. of Hazardous Materials*. 2013. № 250–251. P. 318–332.
- 6 Корнилина В.В. Влияние ложного осинового трутовика на содержание пигментов в листьях осины в лесах Ульяновской области // *Фундаментальные исследования*. 2012. Т. 3. № 9. С. 568–572.
- 7 Dimkpa C.O., McLean J.E., Latta D.E., Manango E. et al. CuO and ZnO nanoparticles: phytotoxicity, metal speciation, and induction of oxidative stress in sand-grown wheat // *J. Nanopart. Res.* 2012. № 814(9). P. 1125–1129.
- 8 Higuchi Y. Glutathione depletion-induced chromosomal DNA fragmentation associated with apoptosis and necrosis // *J. Cell. Mol. Med.* 2004. № 8. P. 455–464.
- 9 Gerald L.N., Jamie R.M. Fluorescence detection of hydroxyl radicals // *Radiat. Phys. Chem.* 2006. № 75. P. 473–478.
- 10 Wilkins D.A. The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth // *New Phytologist*. 1978. № 80. P. 623–633.
- 11 Nair P.M., Chung I.M. Impact of copper oxide nanoparticles exposure on *Arabidopsis thaliana* growth, root system development, root lignification, and molecular level changes // *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2014. № 21. P. 12709–127022.

REFERENCES

- 1 Korotkova A.M. Vliianie nanochastits metallov i ikh oksidov na fiziologo-biokhimicheskie pokazateli rasteniia *Triticum vulgare* Vill [Influence of nanoparticles of metals and their oxides on the physiological and biochemical parameters of the plant *Triticum vulgare* Vill] Ufa, Bashkir State University, 2017. 194 p. (in Russian)
- 2 Khana I., Saeed K., Khan I. Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. *Arabian Journal of Chemistry*. 2017. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2017.05.011>.
- 3 Deryabina T.D. Adaptivnye reaktsii i predely tolerantnosti *Triticum aestivum* i *Allium cepa* L k nanochastitsam medi i zheleza [Adaptive reactions and tolerance limits of *Triticum aestivum* and *Allium cepa* L. to copper and iron nanoparticles] Orenburg, 2015, 23 p. (in Russian)
- 4 Masarovicova E., Kralova K. Metal nanoparticles and plants. *Ecol. Chem. Eng.* 2013. no. 20(1). pp. 9–22.
- 5 Faisal M., Saquib Q., Alatara A. A., Al-Khedhairi A.A. Phytotoxic hazards of NiO-nanoparticles in tomato: a study on mechanism of cell death. *J. of Hazardous Materials*. 2013. no. 250–251. pp. 318–332.
- 6 Kornilina V.V. The influence of false aspen tinder on the pigment content in aspen leaves in the forests of the Ulyanovsk region. *Fundamentalnye issledovaniia* [Basic research] 2012. vol. 3. no. 9. pp. 568–572. (in Russian)
- 7 Dimkpa C.O., McLean J.E., Latta D.E., Manango E. et al. CuO and ZnO nanoparticles: phytotoxicity, metal speciation, and induction of oxidative stress in sand-grown wheat, *J. Nanopart. Res.* 2012. no. 814(9). pp. 1125–1129.
- 8 Higuchi Y. Glutathione depletion-induced chromosomal DNA fragmentation associated with apoptosis and necrosis. *J. Cell. Mol. Med.* 2004. no. 8. pp. 455–464.
- 9 Gerald L.N., Jamie R.M. Fluorescence detection of hydroxyl radicals. *Radiat. Phys. Chem.* 2006. no. 75. pp. 473–478.
- 10 Wilkins D.A. The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth. *New Phytologist*. 1978. no. 80. pp. 623–633.
- 11 Nair P.M., Chung I.M. Impact of copper oxide nanoparticles exposure on *Arabidopsis thaliana* growth, root system development, root lignification, and molecular level changes. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2014. no. 21. pp. 12709–127022.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Анастасия М. Короткова к.б.н., экспериментально-биологическая клиника (виварий), н.с. лаборатории минерального питания Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий российской академии наук, г. Оренбург, 9 Января, 29, anastasiaporv@mail.ru

Ольга В. Кван научный сотрудник, институт биоэлементологии, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, пр. Победы, 13, kwan111@yandex.ru

Людмила А. Быкова к.т.н., кафедра безопасности жизнедеятельности, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, пр. Победы, 13, artem197812@mail.ru

Ольга С. Кудрявцева студент, кафедра биохимии и микробиологии, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, пр. Победы, 13, kudrvceva.1997@mail.ru

Татьяна С. Виденеева студент, кафедра биохимии и микробиологии, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, пр. Победы, 13, videneeva.tat@yandex.ru

Александр И. Вишняков д.б.н., Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, пр. Победы 13, ferupin@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 15.05.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.07.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Anastasiya M. Korotkova Cand. Sci. (Biol.), Experimental-Biological Clinic (Vivarium), Federal Scientific Center of Biological systems and agro-technologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, 9 January, 29, anastasiaporv@mail.ru

Olga V. Kvan researcher, Institute Bioelementology, Orenburg state university, Orenburg, Pobedy sq., 13, kwan111@yandex.ru

Lyudmila A. Bykova Cand. Sci. (Engin.), Life Safety department, Orenburg state university, Orenburg, Pobedy sq., 13, artem197812@mail.ru

Olga S. Kudryavtseva student, Biochemistry and Microbiology department, Orenburg state university, Orenburg, Pobedy sq., 13, kudrvceva.1997@mail.ru

Tatiana S. Videneeva student, Biochemistry and Microbiology department, Orenburg state university, Orenburg, Pobedy sq., 13, videneeva.tat@yandex.ru

Aleksandr I. Vishnyakov Dr. Sci. (Biol.), Orenburg state university, Orenburg, Pobedy sq, 13, ferupin@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 5.15.2018

ACCEPTED 7.20.2018

Поиск формализованных связей между потребительскими свойствами сахара и параметрами технологического процесса его производства

Марина И. Егорова	¹	rniisp@gmail.com
Валентина В. Райник	¹	sugar46@mail.ru
Ирина С. Михалева	¹	tk397@rniisp.ru
Яна А. Кретова	¹	
Екатерина С. Николаева	¹	

¹ Курский НИИ АПП, пос. Черемушки, Курская обл., Курский р-н, 305526, Россия

Реферат. До настоящего времени проведение технологического контроля в производстве сахара регламентируется требованиями, базовые положения которых разрабатывались в 80-е годы XX века. За истекший период произошли существенные изменения в состоянии рынка сахара, подходов к обеспечению качества и безопасности пищевых продуктов, претерпели изменения локальные процессы технологии и методы контроля. Для адекватного отражения изменений в схеме контроля целесообразно установить взаимосвязь между потребительскими свойствами сахара и параметрами технологического процесса его производства. Данную задачу решили опросом группы 25 экспертов по методу Дельфи, которым было предложено охарактеризовать степень влияния параметров технологического процесса из 39 позиций на показатели сахара, устанавливаемые промышленными потребителями, из 8 позиций. В результате математической обработки получена информационная модель, показывающая наличие такой связи и позволяющая определить как показатели потребительских свойств сахара, так и параметры технологического процесса для включения в схему контроля: мутность раствора сахара, содержание солей кальция, сапонина, pH, флокк-потенциал; на этапе очистки диффузионного сока pH полуфабрикатов, щелочность, содержание солей кальция, редуцирующих веществ. Для подтверждения результатов информационной модели проводили структурно-параметрическое моделирование этапов технологического процесса производства сахара путем построения матриц взаимосвязей между сгруппированными параметрами технологического процесса и показателями потребительских свойств сахара. Данные массива наблюдений от 25 предприятий, сформированные за оптимальный производственный период, статистически обрабатывали методами корреляционного и регрессионного анализа. Для каждого из предприятий получали математические модели по 12 объектам исследования, которые затем трансформировали в обобщенные для каждого объекта исследования. Результаты структурно-параметрического моделирования сопоставляли с данными информационной модели – в 90...95% случаев они совпадают с мнениями экспертов. Установленные формализованные связи позволяют актуализировать схемы технологического контроля в производстве сахара.

Ключевые слова: сахар, потребительские свойства, параметры технологического процесса, информационная модель, формализованные связи

Searching for formalized connections between the consumer properties of sugar and technological process parameters of its production

Marina I. Egorova	¹	rniisp@gmail.com
Valentina V. Raynik	¹	sugar46@mail.ru
Irina S. Mikhaleva	¹	tk397@rniisp.ru
Yana A. Kretova	¹	
Ekaterina S. Nikolaeva	¹	

¹ Kursk Research Institute of Agro Industrial Production, village Cheremushki, Kursk region, Kursk district, 305526, Russia

Summary. Until now technological control realization in sugar production has been regulated by the requirements, the fundamental provisions of which were developed in the 80s of the XX century. Over the past period, significant changes happened in the state of sugar market, approaches to quality assurance and food safety; local technology process and control methods have undergone changes. To reflect adequately changes in the control scheme, it is reasonable to establish a interconnection between the consumer properties of sugar and technological process parameters of its production. This task was solved by a survey, a group of 25 experts was questioned according to Delphi method, they were proposed to describe the degree of influence of technological process parameters from 39 items on the indicators of sugar, set by industrial consumers from 8 items.

Для цитирования

Егорова М.И., Райник В.В., Михалева И.С., Кретова Я.А., Николаева Е.С. Поиск формализованных связей между потребительскими свойствами сахара и параметрами технологического процесса его производства // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 196–204. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-196-204

For citation

Egorova M.I., Raynik V.V., Mikhaleva I.S., Kretova Ya.A., Nikolaeva E.S. Searching for formalized connections between the consumer properties of sugar and technological process parameters of its production. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 196–204. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-196-204

Due to mathematical processing, an information model has been obtained showing the existence of such connection and allowing to determine both the indicators of the consumer properties of sugar and technological process parameters for inclusion in the control scheme: turbidity of sugar solution, content of calcium salts, saponin, pH, flock potential; at the stage of juice purification pH of the semi-finished products, alkalinity, calcium salts content, reducing substances. To confirm the results of the information model, structural and parametric modeling of technological process stages of sugar production was carried out by construction of matrices of interconnection between the grouped parameters of the technological process and the indicators of the consumer properties of sugar. The array data of observations from 25 enterprises formed for the optimal production period was statistically processed by the methods of correlation and regression analysis. For every enterprises mathematical models on 12 objects of research were received, which then were transformed into summarized research for each object. The results of structural and parametric modeling were compared with the data of the information model – in 90...95% of cases they coincided with the opinion of experts. Established formalized connections will allow to update the technological control schemes in sugar production.

Keywords: Sugar, consumer properties, technological process parameters, information model, formalized connections.

Введение

В рамках производственного контроля, программу которого должны самостоятельно разработать производители пищевой продукции, важный функционал отводится технологическому контролю, поскольку именно в технологическом процессе формируются базовые показатели качества и безопасности продукта. Изменения в технологии влекут за собой необходимость актуализации критериев и периодичности контроля, в полной мере это касается и изменения характеристик продукта – качественных и безопасности. Рассмотрим ситуацию с технологическим контролем при производстве сахара.

Технология сахара – сложный мегатехнологический процесс, в котором происходят превращения свойств сахароносного растительного сырья – сахарной свеклы в свойства кристаллического сахара. Составляющие его локальные процессы представляют определенную совокупность и последовательность во времени многообразных физико-химических, механических, теплообменных и других процессов, обладающих соответствующими закономерностями. До настоящего времени проведение технологического контроля регламентируется требованиями Инструкции по химико-техническому контролю и учету сахарного производства, базовые положения которой разрабатывались в 80-е годы XX в. Произошедшие с тех пор события внесли существенные коррективы в состояние рынка сахара, подходы к обеспечению качества и безопасности пищевых продуктов, локальные процессы технологии, методы контроля. Так, отечественный рынок сахара все более интегрируется в международный, на нем, как и в мире возникла ситуация профицита товара [1]. Спрос на сахар промышленных потребителей, по сравнению с населением, растет. Видоизменились локальные процессы технологии: все большее распространение получают схемы экстрагирования сахарозы с глубоким отжимом жома и использованием

жомопрессовой воды в качестве экстрагента, уваривания утфелей на основе стандарт-сиропа и маточного утфеля, расширились вариации схем очистки диффузионного сока, при этом появляются новые параметры контроля процессов и их значения. Закрепилась и продолжает расширяться линейка технологических вспомогательных средств [2], применение которых законодательно закреплено ТР ТС 029/11 “Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств”. Произошло переформатирование нормативных документов на сахар – теперь единый стандарт определяет унифицированные требования к его качеству. Стандарты на методы испытаний сахара и другой продукции отрасли получили гармонизацию с международными требованиями – методиками ICUMSA. С учетом расширения экспорта сахара и линейки изготавливаемых с его использованием пищевых продуктов происходит сегментирование требований к сахару в нишах потребителей. Все эти изменения требуют адекватного отражения в документах, регламентирующих порядок проведения контроля технологических процессов на предприятиях сахарной отрасли.

Для того, чтобы внести соответствующие изменения в схему контроля, целесообразно установить взаимосвязь между потребительскими свойствами сахара и параметрами технологического процесса.

Материалы и методы

Оценку взаимосвязи потребительских свойств сахара и параметров технологического процесса проводили путем формирования информационной модели, основанной на результатах опроса группы экспертов. В качестве инструмента, позволяющего опросить ведущих специалистов сахарных заводов, расположенных в разных регионах России, учесть анонимное, независимое мнение и тем самым повысить достоверность получаемых результатов, использовали метод

Дельфи [3]. Опрос по методу Дельфи заключался в заочном (без личных контактов и коллективных обсуждений) анкетировании 25 главных технологов предприятий в три тура с обработкой результатов анкетирования в каждом туре. В первом туре опроса группе экспертов для заполнения предлагались табличные формы, содержащие перечень показателей из 8 позиций, наиболее часто устанавливаемых промышленными потребителями [4], и перечень параметров технологического процесса из 39 позиций, взятых из действующих схем контроля. По шкале балльных оценок от 0 до 9 (где 0 – полное отсутствие влияния; 9 – критичное влияние) эксперты характеризовали степень влияния процессов на показатели сахара исходя из предполагаемых закономерностей, полученных в оптимальный производственный период (без учета пусковых и завершающих декад), что способствовало повышению достоверности результатов. Полученные ответы обрабатывались с целью выявления среднего и крайних мнений, которые сообщались экспертам, после чего проводился второй тур опроса, в ходе которого эксперты могли изменить ответы, данные в первом туре. Кроме того, они объясняли, почему изменили или не изменили ответы в тех случаях, в которых наблюдались расхождения мнений более 2 баллов. Вновь полученные средние и крайние мнения, а также вся аргументация с сохранением анонимности сообщались экспертам и проводился третий тур опроса.

Совокупность данных экспертов подвергалась математической обработке для вычисления усреднённых оценок (коэффициентов весомости) влияния параметров технологического процесса на потребительские свойства сахара, соответствующие нормированные оценки суммировались, полученные суммы делились на количество экспертов.

Для подтверждения результатов информационной модели и установления характера взаимосвязи между параметрами технологического процесса и показателями сахара проводили структурно-параметрическое моделирование этапов технологического процесса производства сахара путем построения матриц взаимосвязей между сгруппированными параметрами технологического процесса и данными показателей потребительских свойств сахара. В качестве исходного материала выступали результаты мониторинга технологического процесса, полученные от тех сахарных заводов, чьи главные технологи входили в состав экспертной группы при составлении информационной модели.

Данные массива наблюдений, сформированные за оптимальный производственный период, статистически обрабатывали методами корреляционного и регрессионного анализа.

Результаты и обсуждение

Полагаем, что при формировании схемы технологического контроля, которая должна быть гибкой с возможностью перенастройки при изменении требований потребителей к сахару, необходим дифференцированный и инклюзивный подход, а в ее основе может быть номенклатура показателей качества и безопасности сахара, основанная на мнении потребителей. Как известно, потребители сахара представляют собой две группы: население и промышленные потребители. Население ориентируется на информацию, представленную на этикетке продукта, личных ощущениях, полученных при употреблении продукта, и тех знаниях, которыми обладает в области питания. С промышленными потребителями ситуация другая – для многих важными являются показатели, не нашедшие отражения в стандарте, например, такие как наличие продуктов деструкции крахмала в сахаре, мутность раствора, гранулометрический состав и др. Поскольку действующая система контроля обеспечивает лишь надлежащее соблюдение показателей в соответствии с требованиями стандарта, то перечисленные выше показатели не находят отражения при контроле технологических процессов.

Эмпирические знания дают основания подразумевать такую связь. Например, основными причинами мутности растворов сахара являются мигрирующие в кристаллы из маточного раствора слаборастворимые соли кальция и суспендированные частицы [5]. Катионы же кальция поступают в технологический поток в малых количествах с сахароносным сырьем, а в основном – с экстрагентом и известковым молоком, мигрируя в дальнейшем по технологическому потоку, их превращения определяются во многом анионным составом кислот сахарной свеклы, режимом процессов. Взвешенные частицы разного характера попадают в сахар по причине некачественного фильтрования сиропа. Как правило, повышенное содержание солей кальция в сахаре обуславливает в нем и увеличенное содержание золы, при этом pH раствора сахара переходит в зону щелочных значений, возрастают мутность и цветность [6, 7]. Однако такие эмпирические знания не позволяют формировать схему технологического контроля.

Для установления формализованной связи создали информационную модель взаимосвязи потребительских свойств сахара и параметров технологического процесса, фрагмент которой представлен в таблице 1.

Суммарные комплексные показатели К влияния технологических параметров на конкретный показатель потребительских свойств сахара, представляющие собой безразмерные величины, получены путем суммирования значений в столбцах. Отношение каждого из комплексных показателей влияния технологических параметров к сумме всех элементов информационной модели является уровнем значимости Р конкретного показателя качества сахара в их общей совокупности, исходя из полученных данных взаимосвязи между показателями потребительских свойств и параметрами процессов. Ранжировка по убыванию полученных значений Р позволяет сделать вывод о том, каким показателям потребительских свойств сахара необходимо уделить особое внимание при контроле: мутность раствора, содержание солей кальция, pH, содержание сапонины, флокк-потенциал.

Суммирование значений показателя влияния технологических параметров в строках модели дает числовой ряд показателей влияния ПВ единичных параметров технологического процесса на показатели потребительских свойств сахара. Ранжировка по убыванию значений ряда ПВ позволяет сделать вывод об уровне значимости конкретного параметра технологического процесса производства во вклад в формирование совокупности потребительских свойств сахара. Соответственно, особый контроль следует уделять таким параметрам: pH полуфабрикатов технологического потока, щелочность, содержание солей кальция, содержание редуцирующих веществ, а основной контроль необходимо сосредоточить на этапе очистки диффузионного сока.

Таким образом, показано, что при проведении контроля технологических процессов производства сахара необходимо учитывать требования, предъявляемые промышленными потребителями к сахару, которые образуют группу из 8 показателей, имеющих взаимосвязь с параметрами технологического процесса, установленную информационной моделью.

При проведении структурно-параметрического моделирования для построения матриц из обрабатываемых были исключены следующие

показатели потребительских свойств сахара: флокк-потенциал, содержание крахмала, гранулометрический состав. Объясняется это следующими причинами: степень флокк-потенциала выражается как незначительная, слабая, умеренная и значительная, т. е. относится к безразмерным величинам и не может быть математически обработана [6]; содержание крахмала в сахаре определяется исходным сырьем, как известно [7], он содержится в сахарном тростнике и продуктах его переработки, поэтому зная источник происхождения сырья можно определить порядок проведения контроля по данному показателю; характеристики гранулометрического состава сахара выражаются средним размером кристаллов и коэффициентом вариации [8], которые имеют широкие пределы варьирования в зависимости от требования конкретных потребителей, что не позволяет установить оптимальные величины.

Методически структурно-параметрическое моделирование этапов технологических процессов проводили следующим образом. По каждому объекту исследований, в качестве которого выступали последовательно полуфабрикаты технологического потока, и относящимся к нему параметрам технологического процесса, приведенным в таблице 1, формировали массив исходных данных для каждого из 25 сахарных заводов, включавший в себя до 720 результатов исследований. В качестве примера в таблице 2 представлен фрагмент визуализации массива данных, полученных в результате измерений на этапе очистки диффузионного сока при исследовании сока II сатурации на одном из сахарных заводов. Исходными параметрами, отражающими протекание технологического процесса, выступают следующие: X_1 – щелочность, % СаО; X_2 – pH; X_3 – содержание сахарозы, %; X_4 – содержание сухих веществ, %; X_5 – цветность, ед. ICUMSA; X_6 – содержание солей кальция, %. Выходными параметрами являются показатели потребительских свойств сахара: Y_1 – содержание взвешенных частиц, мг/кг; Y_2 – pH; Y_3 – содержание солей кальция, %; Y_4 – мутность раствора, ед. ICUMSA; Y_5 – содержание сапонины, мг/кг.

Массив исходных данных трансформировали в матрицу корреляционных связей (таблица 3), отражающую глубину статистической связи между параметрами, путем определения коэффициентов корреляции [11].

Таблица 1.

Фрагмент информационной модели влияния параметров технологических процессов
на потребительские свойства сахара

Table 1.

Information model fragment of the influence of technological process parameters on the consumer properties of sugar

Этап технологического процесса Stage of technological process	Объект исследования Subject of research	Параметр технологического процесса The parameter of technological process	Показатель потребительских свойств сахара Indicator of consumer properties of sugar								ПВ CV
			взвешенные частицы suspended particles	pH	соли кальция calcium salts	мутность turbidity	флукк-потенциал flock-potential	сапонин saponin	крахмал starch	Гранулометрический состав grain composition	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Экстрагирование Extracting	Свекловичная стружка Beet chip	Содержание сахарозы, % Sucrose content, %	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Длина 100 г стружки, м Length of 100 gr of chip, m	1	0	0	0	0	0	0	0	1
		Фактор стружки Chip factor	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Свекловичный сок Beet juice	pH	0	3,3	0	3,5	1,2	1,4	0	0	9,4
		Содержание оптически активных веществ, % Content of optically active substances, %	1,3	2,1	1,4	1,6	0	1,8	0	0	8,2
		Содержание сахарозы, % Sucrose content, %	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Содержание сухих веществ, % Solids content, %	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Диффузионный сок Diffusion juice	Содержание сухих веществ, % Solids content, %	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Содержание сахарозы, % Sucrose content, %	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Содержание мезги, % Pulp content, %	1,9	0	0	0	0	0	0	0	1,9
		Содержание редуцирующих веществ, % Content of reducing substances, %	2,1	1,8	2,3	2,5	1,7	1,2	6,1	2,7	20,4
		Содержание ВМС и коллоидов, % Content of high-molecular weight compound and colloids, %	5,2	1,5	2,7	6,1	2,7	3,4	6	2,2	29,8
		pH	0	3,3	1	0	0	3	0	0	7,3
Очистки диффузионного сока Purification of diffusion juice	Преддефекованный сок Predefecated juice	Общее содержание СаО, % Total CaO content, %	3,4	3	6,2	9,1	3,5	6,1	0	0	31,3
		Щелочность, % Alkalinity, %	3,1	3,2	6,1	9	3,9	6,4	0	0	31,7
		pH	0	7,5	5	9,3	9,1	7	0	0	37,9
	Дефекованный сок Defecated juice	Общее содержание СаО, % Total CaO content, %	3,7	3,4	6,6	9,5	3,5	6,2	0	0	32,9
		Щелочность, % Alkalinity, %	3,5	3	5,2	9,8	3,9	6,3	0	0	31,7
	Сок I сатурации фильтрованный Filtered I saturation juice	Щелочность, %СаО Alkalinity, %CaO	3,2	3,2	6,4	9,1	3,4	6,7	0	0	32
		pH	0	7	5,1	9,3	9,2	7,3	0	0	37,9
	Сок II сатурации фильтрованный Filtered II saturation juice	Щелочность, %СаО Alkalinity, %CaO	3,5	3,1	6,8	9,4	3,5	6,2	0	0	32,5
		pH	0	7	5,1	9,1	9	7,5	0	0	37,7
		Содержание сахарозы, % Sucrose content, %	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Содержание сухих веществ, % Solids content, %	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Цветность, ед.опт. пл. Colority, IU	0	1,8	2,3	6,5	0	0	0	0	10,6
		Содержание солей кальция, % Calcium salt content, %	0	1,5	6,8	5,8	9,9	0	0	0	24
	Сироп из выпарной установки Syrup from the evaporator	Содержание сухих веществ, % Solids content, %	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Щелочность, %СаО Alkalinity, %CaO	3,8	3	6,5	6,1	6	8,4	0	0	33,8
		pH	0	8,3	5,4	6,2	9,5	6,1	0	6,7	42,2

Продолжение табл. 1 | Continuation of table 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кристаллизациясахарозы Crystallization of sucrose	Утфель I кристаллизации I crystallization massecuite	Содержание сахарозы, % Sucrose content, %	0	0	0	0	0	0	0	1,4	1,4
		Содержание сухих веществ, % Solids content, %	0	0	0	0	0	0	0	3,8	3,8
		pH	0	9,1	2,3	3,3	0	0	0	5,3	20
	Межкристалльный раствор утфеля I кристаллизации Intercrystalline solution of I crystallization massecuite	Содержание сахарозы, % Sucrose content, %	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Содержание сухих веществ, % Solids content, %	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Оттеки I и II утфеля I кристаллизации Jets of I and II massecuite of I crystallization	Содержание сахарозы, % Sucrose content, %	0	0	0	0	0	0	0	1,9	1,9
		Содержание сухих веществ, % Solids content, %	0	0	0	0	0	0	0	2,1	2,1
	Утфель II кристаллизации II crystallization massecuite	Содержание сахарозы, % Sucrose content, %	0	0	0	0	0	0	0	4,2	4,2
		Содержание сухих веществ, % Solid scontent, %	0	0	0	0	0	0	0	2,7	2,7
		pH	0	9,2	2,8	3,9	0	0	0	5,2	21,1
К			35,7	85,3	86	129,1	80	85	12,1	38,2	551,4
Р			0,065	0,155	0,156	0,234	0,145	0,154	0,022	0,069	

Таблица 2.

Фрагмент образца массива исходных данных

Table2.

Fragment of the sample of basic data array

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅
0,018	9,6	12,7	13,6	248	0,019	0,0001	7,0	0,002	20,0	8
0,019	9,4	12,2	13,0	244	0,028	0,0001	7,0	0,007	13,5	7,8
0,019	9,4	12,8	13,6	252	0,021	0,0003	7,1	0,003	7,6	8,0
0,020	9,5	11,9	12,8	256	0,022	0,0001	6,8	0,005	20,2	12
0,022	9,6	11,5	12,4	228	0,024	0,0002	7,2	0,007	7,4	13
0,025	9,6	13,2	14,0	256	0,022	0,0002	6,9	0,007	7,3	11,8
X _{1n}	X _{2n}	X _{3n}	X _{4n}	X _{5n}	X _{6n}	Y _{1n}	Y _{2n}	Y _{3n}	Y _{4n}	Y _{5n}

Таблица 3.

Фрагмент матрицы корреляционных связей

Table3.

Fragment of the correlation relationship matrix

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅
X ₁	1	0,011	0,233	0,410	0,632	0,856	0,100	0,206	0,420	0,620	0,341
X ₂	0,011	1	0,324	0,632	0,887	0,009	0,366	0,428	0,369	0,145	0,183
X ₃	0,233	0,324	1	0,633	0,202	0,333	0,107	0,198	0,567	0,059	0,345
X ₄	0,410	0,632	0,633	1	0,772	0,230	0,144	0,233	0,612	0,114	0,427
X ₅	0,632	0,887	0,202	0,772	1	0,026	0,736	0,088	0,366	0,820	0,631
X ₆	0,856	0,009	0,333	0,230	0,026	1	0,555	0,323	0,936	0,300	0,411
Y ₁	0,100	0,366	0,107	0,144	0,736	0,555	1	0,030	0,612	0,314	0,607
Y ₂	0,206	0,428	0,198	0,233	0,088	0,323	0,030	1	0,200	0,326	0,885
Y ₃	0,420	0,369	0,567	0,612	0,366	0,963	0,612	0,200	1	0,489	0,428
Y ₄	0,620	0,145	0,059	0,144	0,820	0,300	0,314	0,326	0,489	1	0,109
Y ₅	0,341	0,183	0,345	0,427	0,631	0,411	0,607	0,885	0,428	0,109	1

Матрицу корреляционных связей подвергли проверке значимости по критерию Стьюдента с получением матрицы коэффициентов корреляции R_{ij} . Затем путем расчёта коэффициентов линейной множественной регрессии строили регрессионную матрицу. Для того, чтобы коэффициенты влияния параметров

различной физической природы можно было сравнить между собой, переходили к матрице безразмерных величин [12]. Именно эти величины позволяют получить коэффициенты математических моделей зависимости показателей потребительских свойств сахара от параметров технологического процесса.

Для рассматриваемого фрагмента массива данных полученные математические модели имеют вид:

$$Y_1 = 0,8 X_1 + 0,59 X_6; \quad (1)$$

$$Y_2 = 0,36 X_1 + 0,41 X_2; \quad (2)$$

$$Y_3 = 0,83 X_1 + 0,41 X_2 + 0,26 X_6; \quad (3)$$

$$Y_4 = 0,58 X_1 + 0,61 X_2; \quad (4)$$

$$Y_5 = 0,85 X_1. \quad (5)$$

Описанным выше образом для каждого из 25 сахарных заводов были получены

математические модели по 12 объектам исследования этапов технологического процесса, которые затем трансформировали в обобщенные модели для каждого объекта исследований с применением метода наименьших квадратов.

Полученные результаты сопоставляли с данными информационной модели, фрагмент итога приведен в таблице 3 в форме квадратичной матрицы взаимосвязей, где символ “+” означает подтверждение мнения эксперта, а “-” опровержение мнения эксперта.

Таблица 4.

Итоги сопоставления взаимосвязей по математической и информационной моделям
(для сока II сатурации)

Table 4.

Results of the comparison of relationships between the mathematical and information models
(for II saturation juice)

Параметры технологического процесса	Показатель потребительских свойств сахара Indicator of consumer properties of sugar				
	взвешенные частицы suspended particles	pH	соли кальция calcium salts	мутность turbidity	сапонин saponin
Щелочность, %CaO Alkalinity, %CaO	+	+	+	+	+
pH	+	+	+	+	-
Содержание сахарозы, % Sucrose content, %	+	+	+	+	+
Содержание сухих веществ, % Solids content, %	+	+	+	+	-
Цветность, ед. опт. пл. Colority, IU	+	+	+	+	+
Содержание солей кальция, %CaO Calciumsalts, %CaO	+	+	+	+	+

В данном случае видно, что мнения экспертов и данные математической модели не совпали по одному показателю потребительских свойств сахара – содержанию сапонина, для двух параметров технологического процесса, что составляет 7%. Как мы полагаем, это может быть связано с тем, что определение содержания сапонина в сахарных растворах представляет собой сложную аналитическую задачу, в связи с чем на предприятиях сахарной отрасли выполнение таких анализов не проводится, а эмпирические знания экспертов базировались на их интуитивных выводах, соответствующих багажу знаний.

В целом итоги сопоставления, проведенные по 12 объектам исследования показали, что результаты структурно-параметрического

моделирования в 90...95% случаев совпадают с мнениями экспертов, что свидетельствует о высокой сходимости полученных результатов.

Заключение

Показано наличие взаимосвязи между потребительскими свойствами сахара и параметрами технологического процесса. Установленная формализованная связь представлена в виде информационной модели, полученной методом экспертных оценок, и математическими моделями как следствия структурно-параметрического моделирования. Указанные результаты могут быть применены при актуализации схемы технологического контроля в производстве сахара.

ЛИТЕРАТУРА

1 Maitah M., Smutka L. Restoration and Growth of the Russian Sugar Market // *Sugartech*. 2017. V. 18. № 2. P. 115–123.

2 Беляева Л.И., Лабузова В.Н., Остапенко А.В., Скрипко Е.М. Технологические вспомогательные средства в производстве сахара: эволюция применения // *Сахар*. 2015. № 11. С. 39–43.

3 Горбашко Е.А. Управление качеством. М.: Издательство Юрайт, 2016. 463 с.

4 Егорова М.И., Райник В.В., Кретова Я.А. Информационные технологии как инструмент оценки технологических возможностей линии при получении сахара с заданными характеристиками // *Материалы Международного научно-практического форума “Перспективные технологии в агропромышленном комплексе”*. 2018. С. 124–128. doi: 10.3679/2587–9847–2018–21–124–128

5 Чернявская Л.И., Кухар В.Н., Чернявский А.П. Содержание зольных элементов в белом сахаре, методы их контроля и снижения // *Сахар*. 2017. № 11. С. 40–47.

6 Bak P., Antczak-Chrobot A., Wojtczak M. The content of nitrates and nitrites in the semi-products in the final stages of white sugar production process // *International sugar journal*. 2017. V. 119. № 1427. P. 876–879.

7 Abdel-Rahman E., Floeter E. Physico-chemical Characterization of Turbidity-Causing Particles in Beet Sugar Solutions // *International journal of food engineering*. 2017. V. 12. № 2. P. 127–137.

8 Iciek J., Blaszczyk I., Biernasiak J. Floc in acidified solutions of white sugar – a literature review // *Sugar industry-zuckerindustrie*. 2012. V. 137. № 7. С. 449–453.

9 Егорова М.И., Беляева Л.И., Милых А.А., Райник В.В. Идентификация сахара на основе определения содержания его микронутриента крахмала // *Сахарная свекла*. 2013. № 8. С. 7–9.

10 Bennar M., Betoret E., Bojnanska T., Brno D. et al. Optimal Particle Size Distribution of White Sugar // *Listy cukrovarnicke a reparske*. 2012. V. 128. № 12. P. 385–389.

11 Рыжаков В.В., Боклашов Н.М., Рудюк М.Ю. Планирование эксперимента и статистический анализ данных в управлении качеством продукции. Пенза: ПензГТУ, 2013. 124 с.

12 Благовещенский И.Г., Ивашкин Ю.А., Носенко С.М., Носенко А.С. Структурно-параметрическая модель процесса приготовления сахарного сиропа // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2015. № 4. С. 16–20.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Марина И. Егорова к.т.н., ведущий научный сотрудник, отдел контроля производства и стандартизации, Курский научно-исследовательский институт агропромышленного производства, пос. Черемушки, Курский р-н, Курская обл., 305526, Россия, miisp@gmail.com

Валентина В. Райник научный сотрудник, отдел контроля производства и стандартизации, Курский научно-исследовательский институт агропромышленного производства, пос.

REFERENCES

1 Maitah M., Smutka L. Restoration and Growth of the Russian Sugar Market. *Sugar tech*. 2017. vol 18. no. 2. pp. 115–123.

2 Belyaeva L.I., Labuzova V.N., Ostapenko A.V., Skripko E.M. Technological supporting aids in the production of sugar: the evolution of application. *Sakhar [Sugar]* 2015. no. 11. pp. 39–43. (in Russian)

3 Gorbashko E.A. *Upravlenie kachestvom [Quality management]* Moscow, Publishing house Yurait, 2016. 463 p. (in Russian)

4 Egorova M.I., Raynik V.V., Kretova Ya.A. Information technology as a tool for assessing the technological capabilities of the line for obtaining sugar with given characteristics. *Materialy Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma Perspektivnye tekhnologii v agropromyshlennom komplekse [Materials from the International Scientific and Practical Forum "Perspective Technologies in the Agroindustrial Complex"]* 2018. pp. 124–128. DOI: 10.3679/2587–9847–2018–21–124–128 (in Russian)

5 Chernyavskaya L.I., Kuhar V.N., Chernyavskiy A.P. The content of ash elements in white sugar, the methods of control and reduction. *Sakhar [Sugar]* 2017. no. 11, pp. 40–47. (in Russian)

6 Bak P., Antczak-Chrobot A., Wojtczak M. The content of nitrates and nitrites in the semi-products in the final stages of white sugar production process. *International sugar journal*. 2017. vol 119. no. 1427. pp. 876–879.

7 Abdel-Rahman E., Floeter E. Physico-chemical Characterization of Turbidity-Causing Particles in Beet Sugar Solutions. *International journal of food engineering*. 2017. vol 12. no. 2. pp. 127–137.

8 Iciek J., Blaszczyk I., Biernasiak J. Floc in acidified solutions of white sugar – a literature review // *Sugar industry-zuckerindustrie*. 2012. vol 137. no. 7. pp. 449–453.

9 Egorova M.I., Belyaeva L.I., Milyh A.A., Raynik V.V. Sugar identification based on the content determination of its micronutrient amylum. *Sakharnaya svekla [Sugar beet]* 2013. no. 8. pp. 7–9. (in Russian)

10 Bennar M., Betoret E., Bojnanska T., Brno D., Hambalkova J., Richter A. Optimal Particle Size Distribution of White Sugar. *Listy cukrovarnicke a reparske*. 2012. vol 128. no. 12. pp. 385–389. (in Russian)

11 Ryzhakov V.V., Boklashov N.M., Rudyuk M.Yu. *Planirovanie eksperimenta i statisticheskii analiz dannykh v upravlenii kachestvom produktsii [Experiment planning and statistical data analysis in the quality management of product]* Penza, Penza State Technical University, 2013. 124 p. (in Russian)

12 Blagoveshenskiy I.G., Ivashkin Yu.A., Nosenko S.M., Nosenko A.S. Structural parametric model of sugar syrup preparation process. *Khranenie i pererabotka selkhozsyria [Storage and processing of agricultural raw materials]* 2015. no. 4. pp. 16–20. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Marina I. Egorova Cand. Sci. (Engin.), leading researcher, Production control and standardization department, Kursk Research Institute of Agro Industrial Production, village Cheremushki, Kursk region, Kursk district, 305526, Russia, miisp@gmail.com

Valentina V. Raynik researcher, Production control and standardization department, Kursk Research Institute of Agro Industrial Production, village Cheremushki, Kursk region, Kursk district, 305526, Russia, sugar46@mail.ru

Черемушки, Курский р-н, Курская обл., 305526, Россия, sugar46@mail.ru

Ирина С. Михалева ст. научный сотрудник, отдел контроля производства и стандартизации, Курский научно-исследовательский институт агропромышленного производства, пос. Черемушки, Курский р-н, Курская обл., 305526, Россия, tk397@miisp.ru

Яна А. Кретова мл. научный сотрудник, отдел контроля производства и стандартизации, Курский научно-исследовательский институт агропромышленного производства, пос. Черемушки, Курский р-н, Курская обл., 305526, Россия

Екатерина С. Николаева мл. научный сотрудник, отдел контроля производства и стандартизации, Курский научно-исследовательский институт агропромышленного производства, пос. Черемушки, Курский р-н, Курская обл., 305526, Россия, tk397@miisp.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Марина И. Егорова предложила идею статьи, написала часть рукописи, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Валентина В. Райник предложила методику проведения исследований, осуществляла обработку данных, написала часть рукописи

Ирина С. Михалева организовала сбор данных

Яна А. Кретова выполнила расчеты

Екатерина С. Николаева выполнила расчеты

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 01.09.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 10.09.2018

Irina S. Mikhaleva senior researcher, Production control and standardization department, Kursk Research Institute of Agro Industrial Production, village Cheremushki, Kursk region, Kursk district 305526, Russia, tk397@miisp.ru

Yana A. Kretova junior researcher, Production control and standardization department, Kursk Research Institute of Agro Industrial Production, village Cheremushki, Kursk region, Kursk district 305526, Russia

Ekaterina S. Nikolaeva junior researcher, Production control and standardization department, Kursk Research Institute of Agro Industrial Production, village Cheremushki, Kursk region, Kursk district 305526, Russia, tk397@miisp.ru

CONTRIBUTION

Marina I. Egorova suggested the idea of the article, wrote a part of the manuscript, corrected it before submitting to the editors office and responsible for plagiarism

Valentina V. Raynik suggested the methodology for conducting the research, carried out data processing, wrote a part of the manuscript

Irina S. Mikhaleva arranged data gathering

Yana A. Kretova performed accounting

Ekaterina S. Nikolaeva performed accounting

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 9.1.2018

ACCEPTED 9.10.2018

Культивирование *Leuconostoc mesenteroides* на гидролизате биомассы кукурузы

Инназар А. Хусаинов¹ Fortes16@yandex.ru
Альберт В. Канарский¹ alb@mail.ru

¹ Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К.Маркса, 68, г. Казань, Республика Татарстан, 420015, Россия

Реферат. Бактерии *Leuconostoc mesenteroides* – известный промышленный продуцент внеклеточного бактериального полисахарида декстрана. В качестве основного сырья для промышленного культивирования этих микроорганизмов применяется меласса, сахароза которой является источником углерода и энергии для бактерий, а также предшественником биосинтеза декстрана. Известно, что бактерии рода *Leuconostoc* являются гетероферментативными микроорганизмами и способны утилизировать различные углеводы. Целью данного исследования являлось изучение влияния состава среды на основе гидролизата кукурузы и условий культивирования на выход биомассы бактерий и концентрацию внеклеточного полисахарида в культуральной жидкости. Гидролизат представляет собой продукт хемо-ферментативной обработки растительной лигноцеллюлозной биомассы кукурузы и содержит такие моносахара как глюкоза, арабиноза и ксилоза. Параметрами состава среды являлись концентрация углеводов гидролизата в виде редуцирующих веществ (РВ), концентрация азота (белкового и небелкового), сахарозы и наличие минеральных веществ. Параметры процесса культивирования – pH и температура. Согласно экспериментальным данным, максимальные выходы биомассы бактерий от РВ (9,3 и 8,5%) достигались на комбинированных средах с содержанием сахарозы 0,2% и соли натрия (фосфата натрия), соответственно. Наибольшие удельные скорости роста микроорганизмов (0,0840 и 0,0746) получены на комбинированной среде с содержанием 0,15 и 0,3% неорганического азота соответственно. Наибольшие концентрации внеклеточных полисахаридов 0,840 и 0,583% образуется при наличии в питательной среде солей магния и марганца. Оптимальный уровень pH для эффективной утилизации РВ питательной среды выхода бактериальной биомассы составляет около 7, а температура в диапазоне 30–35 °C.

Ключевые слова: гидролизат лигноцеллюлозной биомассы, бактерии, внеклеточные полисахариды, питательная среда, культивирование, бактериальная биомасса

Growth studies of *Leuconostoc mesenteroides* on corn biomass based substrates

Innazar A. Khusainov¹ Fortes16@yandex.ru
Albert V. Kanarskiy¹ alb@mail.ru

¹ Kazan National Research Technological University, K.Marks str, 68, Kazan, 420015, Russia

Summary. *Leuconostoc mesenteroides* is a well-known industrial producer of extracellular bacterial polysaccharide dextran. The main raw material for industrial cultivation of these microorganisms is molasses. Sucrose of molasses is the main source of carbon and energy for bacteria, as well as a precursor of dextran biosynthesis. It is known that the bacteria of the genus *Leuconostoc* are heterofermentative microorganisms and are capable to utilize various carbohydrates. The purpose of this study was to evaluate the effect of the corn biomass based medium on the yield of bacterial biomass and the concentration of the extracellular polysaccharide. The hydrolyzate is a product of chemo-enzymatic treatment of plant lignocellulosic corn biomass and contains such monosaccharides as glucose, arabinose and xylose. The parameters of the composition of the medium were the concentration of hydrolyzate carbohydrates in the form of reducing substances (RS), the concentration of nitrogen (protein and non-protein), sucrose and the presence of minerals. The parameters of the cultivation process are pH and temperature. According to experimental data, the maximum yield of bacterial biomass (9.3 and 8.5%) were achieved on combined media with a sucrose content of 0.2% and a sodium salt (sodium phosphate), respectively. The highest specific growth rates of microorganisms (0.0840 and 0.0746) are demonstrated on a combined medium with a content of 0.15 and 0.3% inorganic nitrogen, respectively. The highest concentrations of extracellular polysaccharides (0.840 and 0.583%) are formed when magnesium and manganese salts are present in the nutrient medium. The optimal pH level for effective growth is about 7, and the temperature in the range of 30–35 °C.

Keywords: hydrolyzate of lignocellulosic biomass, bacteria, extracellular polysaccharides, nutrient medium, cultivation, bacterial biomass

Введение

Бактерии рода *Leuconostoc* – широко распространенные в природе эпифитные бактерии. Встречаются на злаковых культурах [1], фруктах и овощах [2], принимают активное участие в ферментативных процессах: квашения [3], переработки молока [4–6], хлебопечения [7]. Бактерии *Leuconostoc* обладают многими характеристиками пробиотика и в будущем могут рассматриваться как потенциальный кандидат [8].

Бактерии рода *Leuconostoc* представляют собой гетероферментативные молочнокислые бактерии, факультативные анаэробы, проявляют мезофильные свойства, растут при 10 °C [9].

Leuconostoc обладает высокой вариабельностью в утилизации углеводов [10]. При культивировании *Leuconostoc mesenteroides* на среде с глюкозой в качестве основного углевода в режиме микроаэрации удельная скорость роста μ равна 0,58 ч⁻¹ с выходом биомассы с 1 моль АТФ 16,5 г. Аналогичные показатели

Для цитирования

Хусаинов И.А., Канарский А.В. Культивирование *Leuconostoc mesenteroides* на гидролизате биомассы кукурузы // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 205–211. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-205-211

For citation

Khusainov I.A., Kanarskiy A.V. Growth studies of *Leuconostoc mesenteroides* on corn biomass based substrates. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 205–211. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-205-211

получаются при культивировании на фруктозе. При культивировании на среде с сахарозой μ достигал существенно большего значения ($0,98 \text{ ч}^{-1}$) при практически идентичном выходе биомассы в аэрируемой среде – $16,9$. Это объясняется тем, что 62% глюкозных остатков молекул сахарозы расходуется на образование декстрана в количестве $10,9 \text{ г/л}$.

Оптимальные физические параметры культивирования: оптимум pH для роста клеток находится в диапазоне $6,6\text{--}6,9$. Максимальный выход биомассы клеток наблюдается при pH $6,7$ ($7,76 \text{ г/л}$). Максимальный выход декстрана при $5,0$ ($8,51 \text{ г/л}$) при времени ферментации 10 ч . Максимальная ферментативная активность при pH $5,5$ (85 Ед/л). Рост клеток примерно одинаков в диапазоне температур $20\text{--}30^\circ\text{C}$, однако при 35°C выход существенно выше ($7,85 \text{ г/л}$ вместо $5,7$) и ферментация проходит на 4 ч раньше, чем при 20°C (7 ч). Аналогичная закономерность наблюдается с выходом декстрана ($7,94 \text{ г/л}$ вместо $6,91$ при 20°C) и фруктозы, однако максимальная активность фермента декстрансахаразы наблюдается при 20°C . [11].

Основным источником углерода для промышленного культивирования бактерий *Leuconostoc* является сахароза мелассы. Как известно, *Leuconostoc mesenteroides* является гетероферментативными микроорганизмами и могут развиваться на различном субстрате. В литературе недостаточно сведений по культивированию этих микроорганизмов и биосинтезу внеклеточного полисахарида на основе других источников углерода. Большой практический и научный интерес представляет биосинтез внеклеточных бактериальных полисахаридов из альтернативного сырья. Одним из таких видов сырья является растительная лигноцеллюлозная биомасса, технология переработки которой интенсивно развивается в последние годы.

Цель работы – установление закономерностей культивирования бактерий *Leuconostoc mesenteroides* на гидролизате лигноцеллюлозной биомассы кукурузы с получением биомассы бактерий и внеклеточного полисахарида. В соответствие с целью сформулированы следующие задачи:

- Оптимизировать состав питательной среды на основе гидролизата;
- Исследовать режимы культивирования микроорганизмов – уровень pH, температуры

Исследуемые параметры процесса культивирования: выход биомассы бактерий, удельная скорость роста и концентрация внеклеточного полисахарида в культуральной жидкости.

Материалы и методы

Объект исследования – штамм *Leuconostoc mesenteroides* B9280 из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов (ВКПИМ, г. Москва)

Культивирование *Leuconostoc mesenteroides* проводили в колбах Эрленмейера объемом 100 мл . В качестве основного источника углерода использовали гидролизат лигноцеллюлозной биомассы. Культуру бактерий в объеме приготовленной питательной среды вносили в асептических условиях с помощью микробиологической петли со скошенной поверхности твердой агаризованной среды.

Оптимизацию питательной среды проводили варьированием концентрацией редуцирующих веществ (РВ) гидролизата, сахарозы, белкового и небелкового азота, а также минеральных веществ относительно базового состава среды MRS, рекомендуемого ВКПИМ (азот $0,3\%$, РВ в виде глюкозы 2% или сахарозы 2% , соли натрия, калия, магния, марганца).

Исследование проводилось на следующих составах питательных сред:

Среда 1: Гидролизат с различной концентрацией РВ ($0,5, 1, 2, 3, 4\%$)

Среда 2: Гидролизат (2%), белковый концентрат (концентрация азота в среде $0,15, 0,3, 0,6\%$);

Среда 3: Гидролизат (2%), белковый концентрат, небелковый азот (концентрация азота в среде $0,15, 0,3, 0,6\%$);

Среда 4: Гидролизат (2%), источники азота ($0,3\%$), раствор сахарозы (концентрация сахарозы в среде $0,2, 0,4, 0,8, 2\%$);

Среда 5: Гидролизат (2%), источники азота ($0,3\%$), раствор сахарозы ($0,4\%$), минеральные вещества в виде солей ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 - 5 \text{ г/л}$, $\text{K}_2\text{HPO}_4 - 2,0 \text{ г/л}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} - 0,1 \text{ г/л}$; $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} - 0,05 \text{ г/л}$).

Культивирование проводили при pH $6,5\text{--}7,0$ и температуре 30°C

Гидролизат лигноцеллюлозной биомассы кукурузы представляет собой продукт хемоферментативной деструкции биополимеров целлюлозы и гемицеллюлозы клеточной стенки (стебель и листья) кукурузы после предварительной водной экстракции сахарозы [13]. Концентрация РВ гидролизата составляет $3\text{--}4\%$ и представлена преимущественно глюкозой, арабинозой и ксилозой.

В качестве белкового источника азота применяли стерильный раствор дрожжевого экстракта (ТУ 9385-007-39184474-2003) и пептона (ГОСТ 13805-76) в соотношении $1:1$ с массовой долей азота не менее $1,5\%$. В качестве небелкового азота применяли раствор сульфата аммония

(ГОСТ 9097-82) и ацетата аммония (ГОСТ 3117-78) также в соотношении 1:1. Сахарозу (ГОСТ 583375) вводили в состав питательной среды в виде стерильного раствора с концентрацией 20%.

Оптимизацию режимов культивирования проводили регулированием уровней pH (4, 5, 6, 7, 8) и температуры (25, 30, 35°C). Уровень pH регулировали добавлением фосфатного и ацетатного буфера с соответствующими значениями pH (4, 5, 6, 7, 8).

Процесс культивирования проводили в инкубаторе ES-20 в течении 48 часов.

Контролируемые параметры процесса – изменение оптической плотности (ОП), РВ, концентрация полисахарида, выход бактериальной биомассы.

Прирост биомассы: измеряется турбидиметрическим методом при длине волны 650 nm, калиброванному по сухому весу клеток. Изменение 1 Ед. оптической плотности при 650 nm эквивалентно 0,4 г сухого вещества в литре [10].

pH питательной среды определяли рН-метром 150-МИ («Аналит-Нева» г. Санкт-Петербург)

Концентрация внеклеточного полисахарида: Нерастворимые полисахариды (**нп**) и бактериальную биомассу отделяли в поле центробежных сил. Для этого 5 мл культуральной жидкости обрабатывали на центрифуге в течении 10 мин при 8 тыс. оборотов/мин. К полученному осадку добавляли раствор соляной кислоты для проведения кислотного гидролиза. В гидролизате определяли содержание редуцирующих веществ (**РВ_{нп}**).

В культуральной жидкости (**кж**) после центрифугирования определяли остаточное содержание редуцирующих веществ (**РВ_{кж}**).

Растворимые полисахариды (**рп**) в культуральной жидкости после центрифугирования определяли добавлением этилового или изопропилового спирта (соотношения культуральная жидкость: спирт 1:3) с последующей декантацией после 12 часов выдержки при температуре 8°C. В полученном осадке после соответствующего кислотного гидролиза также определяли содержание редуцирующих веществ (**РВ_{рп}**).

Кислотный гидролиз осуществляли добавлением 1 мл 2 н HCl к исследуемому образцу и выдерживанием его на кипящей водяной бане в течение 30 мин для гидролиза полисахаридов. После нейтрализации в полученном гидролизате определяли концентрацию РВ.

Концентрацию редуцирующих веществ (РВ) определяли динитросалициловым методом: к 120 мкл исследуемой пробы после центрифугирования добавляли 1200 мкл дистиллированной

воды и 600 мкл динитросалицилдовой кислоты (DNSA). Пробы ставили на 10 мин в водяную баню на 100°C затем на 5 мин в баню при 0°C. Затем во все пробы добавляли по 6 мл дистиллированной воды и измеряли оптическую плотность при 540 nm. В качестве контроля использовали дистиллированную воду.

Параметры роста периодической культуры оценивали по удельной скорости роста и выходу биомассы согласно рекомендациям [14].

Результаты и обсуждения

Изучение процесса культивирования на гидролизате с различной концентрацией РВ (0,5, 1, 2, 3%) без внесения других компонентов (**среда 1**) показало, что максимальный прирост биомассы наблюдается при концентрации РВ в питательной среде 0,5 и 1% (таблица 1). Однако, максимальная удельная скорость роста микроорганизмов отмечается при концентрации РВ 2%. С повышением концентрации РВ в питательной среде наблюдается снижение выхода биомассы и ассимиляции ими РВ (РВ_{кж}).

При концентрации РВ 2 и 3% заметно накопление растворимых полисахаридов (РВ_{рп}).

Таким образом, оптимальная концентрация РВ гидролизата в условиях данного эксперимента составляет 0,5–2%, при этом максимальный выход биомассы от РВ отмечен при 0,5%, а максимальная скорость роста и концентрация полисахарида в культуральной жидкости, соответственно, при 2% РВ.

Добавление к гидролизату с концентрацией РВ 2% белковых источников азота (концентрация азота в среде 0,15, 0,3, 0,4, 0,6%) в виде белкового концентрата (**среда 2**) способствовало существенному приросту биомассы и повышению ассимиляции РВ (таблица 2). Максимальный выход биомассы (5,8%) происходит при наибольшей концентрации белкового азота в среде (0,6%), однако при этом высока и остаточная концентрация РВ в культуральной жидкости. Удельные скорости роста микроорганизмов близки для всех концентраций азота в среде.

Накопление внеклеточных полисахаридов смещается в сторону нерастворимой фракции (РВ_{нп}), при этом максимальное количество полисахаридов соответствует максимальному количеству азота в среде.

Замена белковых источников азота на небелковые в той же концентрации (концентрация азота в среде 0,15, 0,3, 0,4, 0,6%) (**среда 3**) также приводит к повышению прироста биомассы при повышении концентрации азота, однако заметно ниже в сравнении с органическими источниками среды 2 (таблица 3). При концентрации азота 0,4%, прирост биомассы и выход биомассы от РВ меньше, практически,

в два раза, чем при концентрации азота 0,15%, тогда как остаточные концентрации РВ в культуральной жидкости (РВкж) довольно близки. Максимальный выход биомассы от РВ и максимальная удельная скорость роста соответствуют концентрации небелкового азота в среде 0,15%.

Как и на среде 2 накопление полисахаридов связано с биомассой, отделяемой центрифугированием (РВнп).

Добавление в питательную среду гидролизата (2% РВ) сахарозы (концентрация сахарозы 0,2, 0,4, 0,8, 2%) и при наличии в среде органического азота (0,3%) – *среда 4*, существенно интенсифицировало процесс с образованием значительного количества бактериальной биомассы при повышенном потреблении РВ (таблица 4). Как известно, сахароза является индуктором синтеза внеклеточного полисахарида бактериями *Leuconostoc*. Примерно через 12 часов культивирования на поверхности культуральной жидкости формировалась устойчивая пленка, образуя к концу культивирования плотный слой с высокой адгезией к стенкам колбы.

Максимальный прирост биомассы и наибольшая удельная скорость роста наблюдаются при концентрациях сахарозы 0,2 и 2% (таблица 4). Выход биомассы при этих значениях сахарозы составляет 9,3 и 7,6% соответственно.

Данным концентрациям сахарозы (0,2 и 2%) характерно накопление как нерастворимой (РВнп), так и растворимой фракции полисахаридов (РВрп).

Добавление минеральных веществ в виде солей (Na_2HPO_4 – 5 г./л, K_2HPO_4 – 2,0 г./л, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,1 г./л; $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – 0,05 г./л), к питательной среде, состоящей из гидролизата (2% РВ), азота (0,3%), сахарозы (0,2%), *среда 5*, положительно сказываются на приросте биомассы бактерий и степени усвоения РВ питательной среды. Наибольшему выходу биомассы (8,5%) способствовало введение в состав среды фосфата натрия, при этом минимальная остаточная концентрация РВ культуральной жидкости (РВкж) отмечается при содержании в среде фосфата калия (таблица 5) Значения удельных скоростей роста во всех образцах близки друг к другу.

Таблица 1.

Эффективность культивирования бактерий на среде 1

Table 1

Microbial growth parameters in medium 1

РВ нач, % RSm, %	РВ кж, %, RSr, %	РВ нп, %, RSip, %	РВ рп, %, RSsp, %	Прирост биомассы, г/л, Growth of biomass, g/l	Выход биомассы от РВ, % Yield of biomass from RSst, %	Уд. скор. роста, $\mu\text{ч}^{-1}$ Specific growth rates, μh^{-1}
0,5	0,36 $\pm$ 0,002*	0,007 $\pm$ 0,001	0,065 $\pm$ 0,010	0,147 $\pm$ 0,012	2,9	0,038 $\pm$ 0,0053
1,0	0,85 $\pm$ 0,063	0,050 $\pm$ 0,020	0,157 $\pm$ 0,017	0,280 $\pm$ 0,033	2,3	0,050 $\pm$ 0,0079
2,0	1,20 $\pm$ 0,159	0,096 $\pm$ 0,028	0,324 $\pm$ 0,042	0,376 $\pm$ 0,023	1,9	0,052 $\pm$ 0,0098
3,0	0,45 $\pm$ 0,124	0,080 $\pm$ 0,019	0,252 $\pm$ 0,013	0,216 $\pm$ 0,030	0,7	0,035 $\pm$ 0,0124
4,0	2,15 $\pm$ 0,180	0,086 $\pm$ 0,040	0,120 $\pm$ 0,022	0,114 $\pm$ 0,016	0,3	0,016 $\pm$ 0,0028

*при $P > 95$

Примечание: РВ_{нач}, % – начальная концентрация РВ в среде; РВ_{кж}, % – концентрация РВ в культуральной жидкости после отделения биомассы; РВ_{кж}/РВ_{нач}, % – доля неусвоенного РВ в культуральной жидкости; РВ_{нп}, % – концентрация РВ в нерастворимом осадке после отделения биомассы; РВ_{ро}, % – концентрация РВ в растворимом осадке после осаждения спиртом культуральной жидкости.

Note: RSm, % – initial concentration of reducing sugars in the medium; RSr – the residual concentration of reducing sugars in the medium; RSip, % – reducing sugars in insoluble polysaccharides; s; RSsp, % – reducing sugars in soluble polysaccharides

Таблица 2.

Эффективность культивирования бактерий на среде 2

Table 2.

Microbial growth parameters in medium 2

Концентр. азота, % Nitrogen concentration, %	РВ кж, %, RSr, %	РВ нп, %, RSip, %	РВ рп, %, RSsp, %	Прирост биомассы, г/л, Growth of biomass, g/l	Выход биомассы от РВ, % Yield of biomass from RSst, %	Уд. скор. роста, $\mu\text{ч}^{-1}$ Specific growth rates, μh^{-1}
0,15	0,102 $\pm$ 0,005	0,257 $\pm$ 0,029	0,182 $\pm$ 0,010	0,816 $\pm$ 0,024	4,1	0,051 $\pm$ 0,021
0,3	0,207 $\pm$ 0,096	0,433 $\pm$ 0,193	0,157 $\pm$ 0,023	0,937 $\pm$ 0,035	4,7	0,053 $\pm$ 0,016
0,4	0,157 $\pm$ 0,039	0,498 $\pm$ 0,206	0,207 $\pm$ 0,033	0,905 $\pm$ 0,033	4,5	0,054 $\pm$ 0,024
0,6	0,282 $\pm$ 0,076	0,608 $\pm$ 0,196	0,257 $\pm$ 0,018	1,165 $\pm$ 0,161	5,8	0,057 $\pm$ 0,029

Таблица 3.

Эффективность культивирования бактерий на среде 3

Table 3.

Microbial growth parameters in medium 3

Концентр. азота, % Nitrogen concentration, %	PB кж, %, RSr, %	PB нп, %, RSip, %	PB рп, %, RSsp, %	Прирост биомассы, г/л, Growth of biomass, g/l	Выход биомассы от PB, % Yield of biomass from RSst, %	Уд. скор. роста, μ , $ч^{-1}$ Specific growth rates, μ , h^{-1}
0,15	0,345 $\pm$ 0,029	0,174 $\pm$ 0,021	0,096 $\pm$ 0,029	1,411 $\pm$ 0,182	7,1	0,0840 $\pm$ 0,010
0,3	0,357 $\pm$ 0,109	0,214 $\pm$ 0,074	0,107 $\pm$ 0,013	0,973 $\pm$ 0,012	4,9	0,0746 $\pm$ 0,020
0,4	0,300 $\pm$ 0,057	0,389 $\pm$ 0,092	0,082 $\pm$ 0,020	0,506 $\pm$ 0,104	2,5	0,0574 $\pm$ 0,013
0,6	0,408 $\pm$ 0,044	0,339 $\pm$ 0,024	0,145 $\pm$ 0,028	0,416 $\pm$ 0,074	2,1	0,0448 $\pm$ 0,011

Таблица 4.

Эффективность культивирования бактерий на среде 4

Table 4.

Microbial growth parameters in medium 4

Концентр сахарозы, % sucrose concentration, %	PB кж, %, RSr, %	PB нп, %, RSip, %	PB рп, %, RSsp, %	Прирост биомассы, г/л, Growth of biomass, g/l	Выход биомассы от PB, % Yield of biomass from RSst, %	Уд. скор. роста, μ , $ч^{-1}$ Specific growth rates, μ , h^{-1}
0,2	0,207 $\pm$ 0,021	0,558 $\pm$ 0,021	0,182 $\pm$ 0,015	1,868 $\pm$ 0,011	9,3	0,070 $\pm$ 0,011
0,4	0,332 $\pm$ 0,018	0,383 $\pm$ 0,077	0,220 $\pm$ 0,035	1,461 $\pm$ 0,092	7,3	0,064 $\pm$ 0,013
0,8	0,52 $\pm$ 0,099	0,383 $\pm$ 0,051	0,282 $\pm$ 0,031	1,229 $\pm$ 0,013	6,1	0,060 $\pm$ 0,008
2,0	0,580 $\pm$ 0,050	0,433 $\pm$ 0,104	0,308 $\pm$ 0,033	1,522 $\pm$ 0,065	7,6	0,065 $\pm$ 0,018

Таблица 5.

Эффективность культивирования бактерий на среде 5

Table 5.

Microbial growth parameters in medium 5

Источник минеральных в-в Source of minerals	PB кж, %, RSr, %	PB нп, %, RSip, %	PB рп, %, RSsp, %	Прирост биомассы, г/л, Growth of biomass, g/l	Выход биомассы от PB, % Yield of biomass from RSst, %	Уд. скор. роста, μ , $ч^{-1}$ Specific growth rates, μ , h^{-1}
MnSO ₄ H ₂ O	0,270 $\pm$ 0,023	0,790 $\pm$ 0,087	0,583 $\pm$ 0,076	1,416 $\pm$ 0,096	7,4	0,0517 $\pm$ 0,021
MgSO ₄ 7H ₂ O	0,370 $\pm$ 0,045	0,840 $\pm$ 0,054	0,395 $\pm$ 0,023	1,474 $\pm$ 0,082	7,1	0,0527 $\pm$ 0,015
Na ₂ HPO ₄	0,250 $\pm$ 0,038	0,414 $\pm$ 0,030	0,157 $\pm$ 0,009	1,708 $\pm$ 0,089	8,5	0,0562 $\pm$ 0,023
K ₂ HPO ₄	0,196 $\pm$ 0,039	0,560 $\pm$ 0,041	0,383 $\pm$ 0,077	1,416 $\pm$ 0,079	7,1	0,0517 $\pm$ 0,013

Таблица 6.

Эффективность культивирования бактерий при различном pH

Table 6.

Microbial growth parameters at different pH

pH	PB кж, %, RSr, %	Выход биомассы от PB, % Yield of biomass from RSst, %	Уд. скор. роста, μ , $ч^{-1}$ Specific growth rates, μ , h^{-1}
4,0	2,07 $\pm$ 0,034	0,2	0,0052 $\pm$ 0,0011
5,0	2,4 $\pm$ 0,028	0,3	0,0077 $\pm$ 0,0011
6,0	0,32 $\pm$ 0,032	5,0	0,0640 $\pm$ 0,0139
7,0	0,28 $\pm$ 0,046	6,1	0,0671 $\pm$ 0,0113
8,0	0,38 $\pm$ 0,033	3,1	0,0417 $\pm$ 0,0059

Эффективность культивирования бактерий при различной температуре

Table 7.

Microbial growth parameters at different temperatures

Температура, °C Temperature, °C	РВ кж, % RSr, %	Выход биомассы от РВ, % Yield of biomass from RSst, %	Уд. скор. роста, μ Specific growth rates, μ, h ⁻¹
25,0	0,284 ± 0,035	4,6	0,0505 ± 0,0011
30,0	0,217 ± 0,039	6,8	0,0671 ± 0,0136
35,0	0,163 ± 0,029	5,0	0,0583 ± 0,0066

Добавление минеральных веществ к питательной среде значительно увеличило накопление нерастворимых (РВнп) и растворимых (РВрп) полисахаридов. При этом, максимальное количество нерастворимой фракции – РВнп образуется на среде с добавлением магния (0,84%), тогда как растворимых полисахаридов РВрп больше всего образуется на среде с марганцем (0,583%).

Значение pH культуральной жидкости имеет определяющее значение в процессе культивирования бактерий *Leuconostoc*. Культивирование при различных значениях pH (4, 5, 6, 7, 8) на питательной среде из гидролизата (РВ 2%), органического азота (0,3%) и сахарозы (0,2%) показало (таблица 5), что при pH 4 и 5 значения РВ выше исходного. Вероятно, это связано с тем, что при pH 5–5,5 бактерии *Leuconostoc* максимально проявляют активность фермента декстрансахарара, гидролизующего сахарозу. Оптимум для развития биомассы и потребление РВ находится в диапазоне pH 6 и 7. Микроорганизмы способны также развиваться и при более высоких значениях (pH 8 и выше), однако продолжительность процесса заметно возрастает. Максимальный выход биомассы (6,1%) и наибольшая удельная скорость роста соответствуют значению

pH 7. Высокая остаточная концентрация РВ в культуральной жидкости (120%) характерна при pH 5, наименьшая (14%) – при pH 7.

Культивирование при различных значениях температуры (25, 30, 35°C) на среде из гидролизата (2%), органического азота (0,3%) и сахарозы (0,2%) и pH около 7 показало, что бактерии *Leuconostoc* интенсивно развиваются при 30 и 35°C. При 35°C к 48 ч наблюдается рост значений pH, характерный при гибели клеток. Максимальный выход биомассы (6,8%), как и удельная скорость роста наблюдаются при температуре 30°C

Выводы

Полученные экспериментальные данные показывают, что при наличии необходимых факторов роста микроорганизмы *Leuconostoc* могут эффективно развиваться на гидролизате лигноцеллюлозной биомассы кукурузы и синтезировать на этих питательных средах внеклеточные полисахариды. Последующие исследования предполагаются направить на изучение химического состава, строения и свойств внеклеточного полисахарида и их взаимосвязь с параметрами культивирования.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Mundt J.O. Lactic Acid Bacteria Associated with Raw Plant Food Material. // J. Milk Food Technol. 1970. №33. P. 550–553
- 2 Gordana R. Dimich Characteristics of the *Leuconostocmesenteroides* subsp. *mesenteroides* strains from fresh vegetables // APTEFF. 2006. №37. P. 1–192
- 3 Kim Yu Jin¹, Hyun-Ju Eom, Eun-Young Seo, Dong Yup Lee et al. Development of a Chemically Defined Minimal Medium for the Exponential Growth of *Leuconostocmesenteroides* ATCC8293 // J. Microbiol. Biotechnol. 2012. № 22(11). P. 1518–1522
- 4 Server-Busson C., Foucaud C., Leveau J. – Y. Selection of Dairy *Leuconostoc* Isolates for Important Technological Properties. // J. Dairy Res. 1999. №66. P. 245–56.
- 5 Hemme D., Foucaud-Scheunemann C. *Leuconostoc*: Characteristics, Use in Dairy Technology and Prospects in Functional Foods. // International Dairy Journal. № 200414. P. 467–494.

- 6 Smit G., Smit B.A., Engels W.J.M. Flavour formation by lactic acid bacteria and biochemical flavours profiling of cheese products. // FEMS Microbiol Rev. 2005. № 29. P. 591–610

- 7 Lacaze G., Wick M., Cappelle S. Emerging fermentation technologies: Development of novel sourdoughs // Food Microbiology. 2007. № 24. P. 155–160.

- 8 Diana C.R., Humberto H.S., Jorge Y.F. Probiotic Properties of *Leuconostocmesenteroides* Isolated from Aguamiel of Agave salmiana. // Probiotics Antimicrob Proteins. 2015. №7(2). P. 107–17

- 9 Garvie E.I. Genus *Leuconostoc*. // Bergey's manual of systematic bacteriology. Baltimore: Williams & Wilkins, 1986. p. 1071–1075.

- 10 Dols S M., Chraibi W., Remaud-Simeon M., Lindley N.D. et al. Growth and Energetics of *Leuconostocmesenteroides* NRRL B-1299 during Metabolism of Various Sugars and Their Consequences for Dextranucrase Production // Applied and Environmental Microbiology. 1997. V. 63. № 6. P. 2159–2165

11 Santos M., Teixeira J., Rodrigues A. Production of dextranase, dextran and fructose from sucrose using *Leuconostoc mesenteroides* NRRL B512 (f) // Biochemical Engineering Journal. 2000. P. 4177–188

12 Foucaud C., Francois A., Richard J. Development of a Chemically Defined Medium for the Growth of *Leuconostoc mesenteroides* // Applied And Environmental Microbiology. Jan. 1997. V. 63. № 1. P. 301–304

13 Хусаинов И.А. Конверсия лигноцеллюлозной биомассы кукурузы в простые сахара. // Прикладная Биотехнология. 2017.

14 Гаретова Л.А. Оценка параметров роста микроорганизмов в условиях периодического и непрерывного культивирования: методические указания к выполнению лабораторной работы. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2010. 16 с.

REFERENCES

1 Mundt J.O. Lactic Acid Bacteria Associated with Raw Plant Food Material. *J. Milk Food Technol.* 1970. no. 33. pp. 550–553

2 Gordana R. Dimich Characteristics of the *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* strains from fresh vegetables APTEFF. 2006. no. 37. pp. 1–192

3 Kim Yu Jin1, Hyun-Ju Eom, Eun-Young Seo, Dong Yup Lee et al. Development of a Chemically Defined Minimal Medium for the Exponential Growth of *Leuconostoc mesenteroides* ATCC8293. *J. Microbiol. Biotechnol.* 2012. no. 22(11). pp. 1518–1522

4 Server-Busson C., Foucaud C., Leveau J. – Y. Selection of Dairy *Leuconostoc* Isolates for Important Technological Properties. *J. Dairy Res.* 1999. no. 66. pp. 245–56.

5 Hemme D., Foucaud-Scheunemann C. *Leuconostoc*: Characteristics, Use in Dairy Technology and Prospects in Functional Foods. *International Dairy Journal.* no. 200414. pp. 467–494.

6 Smit G., Smit B.A., Engels W.J.M. Flavour formation by lactic acid bacteria and biochemical flavours profiling of cheese products. *FEMS Microbiol Rev.* 2005. no. 29. pp. 591–610

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Инназар А. Хусаинов ассистент, кафедра пищевой инженерии малых предприятий (ПИМП), Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К. Маркса, 68, г. Казань, 420015, Республика Татарстан, Россия, Fortes16@yandex.ru

Альберт В. Канарский д.т.н., профессор, кафедра пищевой биотехнологии, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. К.Маркса, 68, г. Казань, 420015, Республика Татарстан, Россия, alb@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Инназар А. Хусаинов Обзор литературы, проведение эксперимента, написал статью, несет ответственность за плагиат

Альберт В. Канарский научный руководитель, консультации в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 03.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 15.08.2018

7 Lacaze G., Wick M., Cappelle S. Emerging fermentation technologies: Development of novel sourdoughs, *Food Microbiology.* 2007. no. 24. pp. 155–160.

8 Diana C.R., Humberto H.S., Jorge Y.F. Probiotic Properties of *Leuconostoc mesenteroides* Isolated from Aguamiel of Agave salmiana. *Probiotics Antimicrob Proteins.* 2015. no.7(2). pp. 107–17

9 Garvie E.I. Genus *Leuconostoc*. Bergey's manual of systematic bacteriology. Baltimore, Williams & Wilkins, 1986. p. 1071–1075.

10 Dols S M., Chraibi W., Remaud-Simeon M., Lindley N.D. et al. Growth and Energetics of *Leuconostoc mesenteroides* NRRL B-1299 during Metabolism of Various Sugars and Their Consequences for Dextranase Production. *Applied and Environmental Microbiology.* 1997. vol. 63. no. 6. pp. 2159–2165

11 Santos M., Teixeira J., Rodrigues A. Production of dextranase, dextran and fructose from sucrose using *Leuconostoc mesenteroides* NRRL B512 (f). *Biochemical Engineering Journal.* 2000. pp. 4177–188

12 Foucaud C., Francois A., Richard J. Development of a Chemically Defined Medium for the Growth of *Leuconostoc mesenteroides*. *Applied And Environmental Microbiology.* Jan. 1997. vol. 63. no. 1. pp. 301–304

13 Khusainov I.A. Conversion of lignocellulosic corn biomass to simple sugars. *Prikladnaya biotekhnologiya* [Applied Biotechnology]. 2017. (in Russian)

14 Garetova L.A. Otsenka parametrov rosta mikroorganizmov v usloviakh periodicheskogo i nepreryvnogo kultivirovaniia metodicheskie ukazaniia k vypolneniiu laboratornoi raboty [Estimation of growth parameters of microorganisms under conditions of periodic and continuous cultivation: methodological instructions for performing laboratory work] Khabarovsk, Tikhook. state. University. 2010. 16 pp. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Innazar A. Khusainov assistant, food engineering in small enterprises department, Kazan national research technological university, K. Marks st. 68, 420015, Russia, Fortes16@yandex.ru

Albert V. Kanarskiy Dr. Sci. (Engin.), professor, department of food biotechnology, Kazan national research technological university, K. Marks st. 68, 420015, Russia, alb@mail.ru

CONTRIBUTION

Innazar A. Khusainov review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, wrote an article, take responsibilities for plagiarism

Albert V. Kanarskiy scientific director consultation during the studies

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.3.2018

ACCEPTED 8.15.2018

Получение селеносодержащих экстрактов из растительного сырья

Кирилл Ю. Муравьев¹ k.murav@yandex.ru

Надежда В. Баракова¹ n.barakova@mail.ru

¹ Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Кронверкский пр-т, 19, г. Санкт-Петербург, 197101, Россия

Реферат. Исследовано влияние ферментных препаратов протеолитического и целлюлолитического действия, а также времени экстракции на степень извлечения селена из селеносодержащего растительного сырья. В качестве селеносодержащего растительного сырья использовались китайская капуста (*Brassica rapa*) сорта Пак-чой и амарант (*Amaranthus caudatus* L.) сорта Харьковский, обогащенные селеном в процессе агрохимического культивирования. В качестве экстрагента применялся водный раствор ферментных препаратов Дистицим-протацид-экстра (протеолитического действия) и Вискостар (целлюлолитического действия). В образцы, в которые вносились ферментные препараты, дозировка последних составляла 1 мкл на 1 г сырья. Время экстракции составляло от 0.5 до 4 часов. Температура экстракции – 45°C и 55°C. Соотношение количества растительного сырья к количеству экстрагента составило 1:12. Определение содержания селена в полученных экстрактах проводилось по ГОСТ Р 53182-2008. Установлено, что при увеличении времени экстракции происходит увеличение выхода экстрактивных веществ. Максимальное содержание сухих веществ в экстрактах из капусты Пак-чой составил 7.4 г на 100 мл при дозировке ферментных препаратов 1 мл на 1 кг сырья, температуре 55°C и времени экстракции 1,18 часа. Максимальное содержание сухих веществ в экстрактах из амаранта составляет 2,93 г на 100 мл при дозировке ферментных препаратов 1 мл на 1 кг сырья, температуре 55°C и времени экстракции 1,05 часа. Содержание селена в полученных экстрактах составило: в экстрактах из китайской капусты Пак-чой при максимальной дозировке ферментов, времени экстракции равным 4 часа и температуре 45°C – 257,3 мкг×дм⁻³, а при температуре 55°C – 284,9 мкг×дм⁻³; в экстрактах из амаранта при тех же условиях экстракции концентрация селеносодержащих веществ составило 325,8 мкг×дм⁻³ (45°C) и 347,0 мкг×дм⁻³ (55°C). В дальнейшем полученные результаты могут быть использованы при разработке БАДов и функциональных продуктов питания.

Ключевые слова: экстракция, водные экстракты, селеносодержащее растительное сырьё, протеолитические ферментные препараты, целлюлолитические ферментные препараты

Production of selenium-containing extracts from vegetable materials

Kirill Yu. Murav'ev¹ k.murav@yandex.ru

Nadezhda V. Barakova¹ n.barakova@mail.ru

¹ ITMO University, Kronverksky Prospect, 49, St. Petersburg, 197101, Russia

Summary. The effect of proteolytic and cytolytic enzymes, as well as extraction time, on the efficiency of selenium extraction from vegetable materials was evaluated. The materials containing selenium to be extracted were Chinese lettuce (*Brassica rapa*) of pak-choi variety and amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) of Kharkovskiy variety, both undergone selenium enrichment via agrochemical cultivation. A single water solution of DistizymProtacid Extra (proteolytic) and Viscostar (cytolytic) enzymes served as the extracting agent. Said solution was introduced into samples, with the exception of two control samples, in such quantities that the dosage of non-diluted enzymes was 1 µl each enzyme to 1 g sample. Accounting for the dilution, the resulting dosage was 1 part water solution to 12 parts vegetable material. Extraction time amounted to 24 hours. The temperature of extraction was either 45°C or 55°C. Selenium content in the extracts obtained was determined according to GOST R 53182–2008. It was found that the amount of dry matter in extracts became larger as extraction process continued. The maximum of dry matter content in pakchoi lettuce and amaranth extracts was achieved at non-zero enzyme dosage (1 µl per 1 g) and the extraction temperature of 55°C and was equal to 7.40 g×100 cm⁻³ and 2.95 g×100 cm⁻³ dry matter, respectively. Selenium content in all extracts amounted to 257.3 µg×дм⁻³ at 45°C and 284.9 µg×дм⁻³ at 55°C; in amaranth extracts 325.8 µg×дм⁻³ (45°C) and 347.0 µg×дм⁻³ (55°C). The results obtained may be further applied to preparation of food adjuncts and functional foods.

Keywords: extraction, water extracts, selenium-containing vegetable materials, proteolytic enzyme preparations, cellulolytic enzyme preparations

Введение

На сегодняшний день особо остро стоит проблема недостатка важных нутриентов в организме человека [1]. Дефицит микро- и макроэлементов, витаминов, балластных веществ и пищевых волокон может приводить к острым хроническим заболеваниям, зачастую приводящим к летальному исходу [2]. Одним из таких эссенциальных элементов является селен, признанный на территории России дефицитным [3]. Для удовлетворения суточной потребности организма в селене необходимо регулярное употребление биологически активных

добавок (БАДов), содержащих этот элемент, или продуктов питания профилактической направленности. Для производства таких продуктов обычно используют растительные экстракты, так как путём экстракции возможно извлечение до 90% содержащихся в растительном материале сухих веществ [4].

Как показывают проведённые ранее исследования, среди прочих сельскохозяйственных культур высоким содержанием экстрагируемых веществ обладают растения семейства амарантовых (содержание белка в листьях составляет 15%, причём этот белок содержит вдвое больше

Для цитирования

Муравьев К.Ю. Получение селеносодержащих экстрактов из растительного сырья // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 212–219. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-212-219

For citation

Muravyev K.Yu. Production of selenium-containing extracts from vegetable materials. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 212–219. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-212-219

серосодержащих аминокислот, отличающихся хорошей растворимостью и экстрагируемостью [5], а так же растения семейства крестоцветных, содержащие алкалоиды группы глюкобрассина, которые при разрушении растительной клетки распадаются, образуя ряд индольных соединений, обладающих высокой экстрагируемостью [6].

В проведённых ранее исследованиях [7, 8] было показано, что амарант овощной и крестоцветные растения, представленные китайской капустой Пак-чой, способны накапливать селен в больших количествах, а в работах Н.А. Голубиной было установлено, что растения сельскохозяйственного назначения в процессе своих метаболических процессов трансформируют минеральные формы селена в селенсодержащие аминокислоты – селенметионин и селенистеин.

Известны различные способы получения экстрактов из растительного сырья, содержащего различные формы селена, такие как физические, химические и комбинированные [9].

По данным литературных источников установлено, что высокий выход селена можно получить после воздействия на различные виды растительного материала ультразвуком или СВЧ-волнами [10]. Однако при этом разрушаются органические формы селена, что недопустимо, т. к. селен в составе органических соединений теряет свои токсичные свойства и становится безопасным для организма [11]. Помимо этого существуют способы экстракции с использованием ферментных препаратов, способные протекать при более низких температурах, сохраняя структуру аминокислот.

Для извлечения этих соединений из растительных клеток необходимо воздействовать на сырьё ферментами протеолитического действия, направленных на гидролиз белков и пептидов [12]. Так же известно, что целлюлоза, входящая в состав клеточных структур может блокировать доступ растворителя к селенсодержащим соединениям. Таким образом внесение в растворитель ферментного препарата целлюлолитического действия позволит интенсифицировать процесс экстракции и увеличить выход экстрактивных веществ. Помимо этого, повышение температуры так же может ускорить процесс экстракции [13], однако, как показали проведённые ранее исследования, при температуре выше 60–65 °C происходит деструкция селенорганических соединений [14]. Поэтому температура экстракции не должна превышать упомянутого значения.

Целью данной работы является определение режима водной экстракции селена из амаранта сорта Харьковский и капусты Пак-чой, обогащённых селеном, с применением ферментных

препаратов протеолитического и целлюлолитического действия.

Материалы и методы

Выбор оптимальных значений параметров экстракции проходил на основании оценки их влияния на выход селенсодержащих органических соединений из китайской капусты Пак-чой и амаранта сорта Харьковский.

В качестве растворителя применялась вода дистиллированная по ГОСТ Р 58144-2018 «Вода дистиллированная. Технические условия». К сожалению, основной извлекаемый селенорганический компонент из растительного – селенметионин относится к неполярным гидрофобным аминокислотам и при получении его водных экстрактов необходимо применять ферментные препараты [16]. Применение органических растворителей, таких как масла или спирты, так как селенметионин обладает высокой способностью к окислению [15]. Соотношение массы растительного материала к объёму растворителя составляло 1:12.

В качестве ферментного препарата протеолитического действия применялся препарат Дистицим-протацид-экстра изготовленный "Erbsloeh Geisenheim AG" (основной фермент – кислая протеаза, температурный оптимум – от 50 до 58 °C, диапазон pH – от 2,0 до 6,0, активность – 350 ед./см³), а в качестве ферментного препарата целлюлолитического действия применялся препарат Вискостар 150Л, изготовленный "ENMEX, S.A. de C.V." (основные ферменты – целлюлаза (активность 25 ед. КМЦ/см³), ксиланаза (активность 15 ед. КС/см³), β-глюканаза (активность 10 ед. β-ГКС/см³) температурный оптимум 30–60 °C, диапазон pH 3,0–7,0). Данные ферментные препараты обладают одинаковым температурным оптимумом действия и одинаковым оптимумом pH, высокой активностью и низкой стоимостью. Процесс экстракции осуществлялся на водяной бане LB 200 компании «LOIP».

Определение рациональных условий процесса экстракции селенорганических веществ амаранта сорта Харьковский капусты Пак-чой осуществлялось методом полного факторного эксперимента. И в качестве исследуемых переменных параметров были выбраны:

X₁ – температура экстракции, °C;

X₂ – время экстракции, ч.

X₃ – доза ферментного препарата препарат Вискостар 150Л 10⁻³ см³ на 1 г сырья;

X₄ – доза ферментного препарата Дистицим-протацид-экстра, 10⁻³ см³ на 1 г сырья;

По окончании экстракции осуществлялось построение графиков зависимостей содержания сухих веществ в экстрактах с последующим определением оптимального времени экстракции

амаранта и капусты Пак-чой.

Результаты и обсуждение

Кодированные единицы и предельные уровни численных значений параметров оптимизации представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Кодированные единицы и предельные уровни численных значений параметров оптимизации процесса экстракции селенорганических соединений из китайской капусты Пак-чой и амаранта сорта Харьковский

Table 1.

Coded units and limiting levels of numerical values of optimization parameters for the extraction process of selenium compounds from Chinese cabbage Pak-choi and amaranth varieties Kharkov

Кодированные единицы Coded Units	Параметры оптимизации и их предельные численные значения Optimization parameters and their limiting numerical values			
	Температура экстракции, °C Extraction temperature, °C	Доза ферментного препарата Дистицим-протацид-экстра, 10 ⁻³ см ³ на 1 г сырья The dose of the enzyme preparation Dystizim-protacid-extra, 10 ⁻³ cm ³ per 1 g of raw material	Доза ферментного препарата препарат Вискостар 150Л 10 ⁻³ см ³ на 1 г сырья The dose of the enzyme preparation Viscostar 150L 10 ⁻³ cm ³ per 1 g of raw material	Время экстракции, ч Extraction time, h
-1	45	0	0	0,5
+1	55	1	1	4
Δ	10	1	1	3,5
0	50	0,5	0,5	2,25

Для исследования влияния выбранных параметров на степень экстракции селенорганических соединений из китайской капусты Пак-чой и амаранта в соответствии с методикой полного факторного эксперимента составлен план эксперимента в виде матрицы, определяющий все возможные сочетания варьируемых параметров. Матрица представлена в таблице 2.

В соответствии с планом было проведено 16 опытов, получено 16 образцов водного растительного экстракта, в каждом из которых был измерен показатель содержания экстрактивных веществ %(Y). Определение содержания

сухих веществ в экстрактах осуществлялось с помощью электронного рефрактометра PTR 46. Определение содержания селена осуществлялось в экстрактах полученных при максимальном времени экстракции и максимальной дозировкой ферментных препаратов по ГОСТ Р 53182-2008 «Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Определение общего мышьяка и селена методом атомно-абсорбционной спектроскопии с генерацией гидридов с предварительной минерализацией пробы под давлением». Каждый опыт был повторен трижды для большей достоверности результатов.

Таблица 2.

Матрица эксперимента по экстракции селенорганических соединений

Table 2.

Matrix of the experiment on extraction of organo-selenium compounds

№	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	У (Пак-чой)	У (амарант)
1	45	0,5	0	0	4,36 ± 0,14	2,40 ± 0,05
2	45	0,5	0	1	4,33 ± 0,04	2,53 ± 0,10
3	45	0,5	1	0	4,30 ± 0,15	2,50 ± 0,11
4	45	0,5	1	1	4,67 ± 0,07	2,63 ± 0,12
5	45	4,0	0	0	4,53 ± 0,09	2,70 ± 0,24
6	45	4,0	0	1	5 ± 0,05	2,90 ± 0,09
7	45	4,0	1	0	4,87 ± 0,13	2,87 ± 0,15
8	45	4,0	1	1	5,17 ± 0,15	3,00 ± 0,03
9	55	0,5	0	0	4,43 ± 0,09	2,30 ± 0,07
10	55	0,5	0	1	4,77 ± 0,18	2,40 ± 0,20
11	55	0,5	1	0	4,47 ± 0,08	2,40 ± 0,16
12	55	0,5	1	1	5 ± 0,03	2,77 ± 0,16
13	55	4,0	0	0	5,3 ± 0,14	2,60 ± 0,08
14	55	4,0	0	1	6,3 ± 0,18	2,8 ± 0,18
15	55	4,0	1	0	5,8 ± 0,13	2,63 ± 0,21
16	55	4,0	1	1	7,4 ± 0,21	2,93 ± 0,17

Как видно из таблицы 2, увеличение температуры, и времени экстракции приводит к увеличению выхода экстрактивных веществ. Ферментный препарат Дистицим-протацид-экстра увеличивает выход экстракта на 0,7–7,8% больше, чем препарат Вискостар. Комбинированное действие указанных ферментных препаратов повышает выход экстрактивных веществ на 3,2–14,9% чем одиночный ферментный препарат Дистицим-протацид-экстра и 7,9–21,6% чем одиночный ферментный препарат Вискостар. Наибольший выход экстрактивных веществ наблюдалось при 55 °С и дальнейшие исследования осуществлялись при этой температуре. Содержание селена в экстракте, полученном при температуре 45 °С составило 257,3 мкг×дм⁻³, а при температуре 55 °С – 284,9 мкг×дм⁻³

Исходя из таблицы 2, также можно сделать вывод, что увеличение времени экстракции амаранта приводит к увеличению концентрации сухих веществ. Ферментный препарат Дистицим-протацид-экстра увеличивает выход экстракта на 1,0–6,1% больше, чем препарат Вискостар. Комбинированное действие указанных ферментных препаратов повышает концентрацию сухих веществ на 3,8–4,4% чем отдельный ферментный препарат Дистицим-протацид-экстра и 4,9–10,2% чем отдельный ферментный препарат Вискостар. Содержание селена в экстракте, полученном при температуре 45 °С составило 325,8 мкг×дм⁻³, а при температуре 55 °С – 347,0 мкг×дм⁻³. Для определения зависимости значений качественных показателей от переменных параметров выбран был вид уравнения регрессии четвертой степени с учётом межфакторного взаимодействия:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{1,2}x_1x_2 + b_{1,3}x_1x_3 + b_{1,4}x_1x_4 + b_{2,3}x_2x_3 + b_{2,4}x_2x_4 + b_{3,4}x_3x_4 + b_{1,2,3}x_1x_2x_3 + b_{1,2,4}x_1x_2x_4 + b_{2,3,4}x_2x_3x_4 + b_{1,3,4}x_1x_3x_4 + b_{1,2,3,4}x_1x_2x_3x_4 \quad (1)$$

где b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 , – коэффициенты уравнения регрессии, $b_{1,2}, b_{1,3}, b_{1,4}, b_{2,3}, b_{2,4}, b_{3,4}, b_{1,2,3}, b_{1,2,4}, b_{2,3,4}, b_{1,3,4}, b_{1,2,3,4}$ – промежуточные коэффициенты регрессии.

Определение коэффициентов регрессии производили с помощью математической обработки данных таблицы 2 по методу Бокса.

В результате было получено уравнение регрессии, на основании которого сделаны выводы о степени влияния выбранных параметров на степень экстракции, произведены расчеты значений исследуемых показателей и построены диаграммы зависимости показателей от входных параметров. При получении экстрактов из китайской капусты Пак-чой уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$y = 5,05 + 0,196x_1 + 0,225x_2 + 0,495x_3 + 0,383x_4 + 0,195x_2x_3 + 0,27x_3x_4 + 0,154x_2x_3x_4 \quad (2)$$

Исходя из полученного уравнения регрессии, наибольшее влияние на выход экстракта из китайской капусты Пак-чой оказывает время экстракции. Максимальное содержание сухих веществ в полученных экстрактах составило $7,4 \pm 0,21$ г./мл. Содержание селена при максимальной дозировке ферментных препаратов, времени экстракции 24 часа и температуре 45 °С составило 257,3 мкг×дм⁻³, а при температуре 55 °С – 284,9 мкг×дм⁻³.

Уравнение регрессии процесса экстракции амаранта с использованием ферментных препаратов протеолитического и целлюлолитического действия имеет следующий вид:

$$y = 2,65 + 0,089x_1 + 0,077x_2 + 0,156x_3 \quad (3)$$

Исходя из полученного уравнения регрессии, наибольшее влияние на выход экстракта из амаранта сорта Харьковский время экстракции, а температура экстракции не оказывает значимого влияния. Максимальное содержание сухих веществ в полученных экстрактах составило $3,00 \pm 0,03$ г./мл. Содержание селена при максимальной дозировке ферментных препаратов, времени экстракции 24 часа и температуре 45 °С составило 325,8 мкг×дм⁻³, а при температуре 55 °С – 347,0 мкг×дм⁻³.

Для определения оптимального времени экстракции селенорганических соединений была установлена функциональная зависимость содержания экстрактивных веществ в экстракте от времени экстракции. Результаты определений представлены на рисунках 1 и 2.

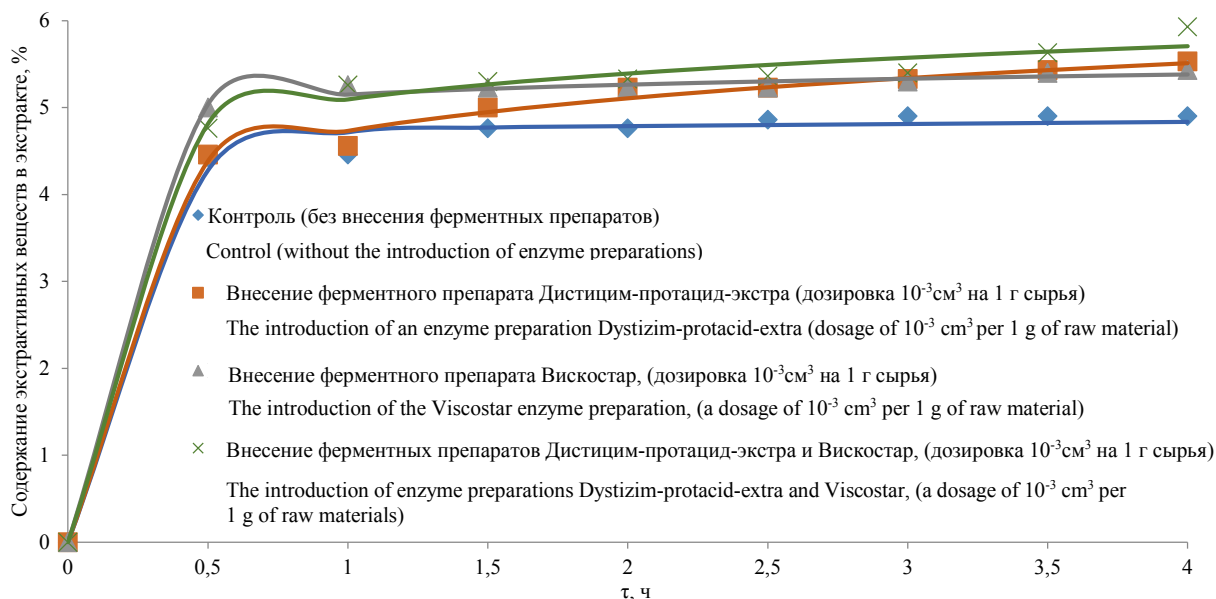


Рисунок 1. Динамика накопления сухих веществ в экстрактах из китайской капусты Пак-чой, в зависимости от времени экстракции

Figure1. Dynamics of accumulation of dry substances in extracts from Chinese cabbage Pak-choi, depending on the extraction time

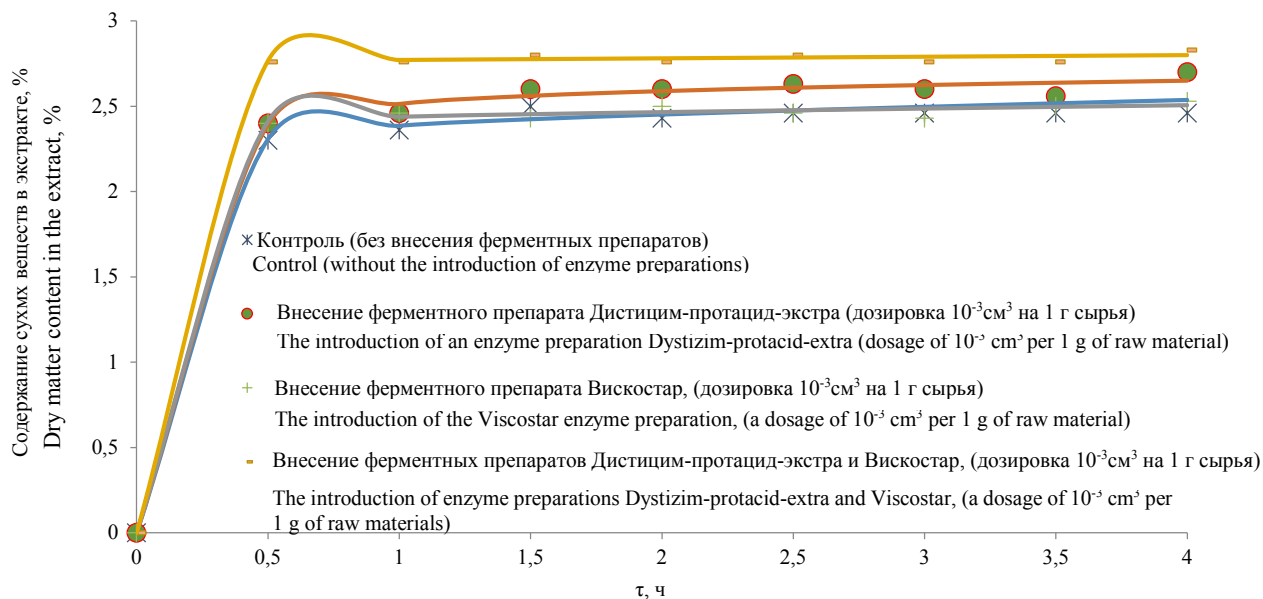


Рисунок 2. Динамика накопления сухих веществ в экстрактах из амаранта сорта Харьковский, в зависимости от времени экстракции

Figure2. Dynamics of accumulation of dry substances in extracts from amaranth varieties Kharkiv, depending on the extraction time

Из рисунка 1 следует, что при увеличении времени экстракции и дозировки ферментных препаратов происходит увеличение содержания сухих веществ в экстрактах, что так же было доказано в предыдущем опыте.

Из рисунка 2 следует, что при увеличении времени экстракции и дозировки ферментных препаратов происходит увеличение содержания

сухих веществ в экстрактах, что так же было доказано в предыдущем опыте. Для определения оптимального времени экстракции с помощью программы CurveExpert были установлены функциональные зависимости содержания сухих веществ в экстрактах от времени экстракции. В таблице3 приведены полученные уравнения.

Таблица 3.

Функциональные зависимости содержания сухих веществ в экстрактах от времени экстракции

Table 3.

Functional dependences of solids content in extracts from the time of extraction

Продукт Product	Функциональные зависимости содержания сухих веществ в экстрактах от времени экстракции, $f(x)$ Functional dependencies of solids content in extracts from extraction time, $f(x)$	Коэффициент детерминации, R^2 Coefficient of determination, R^2	Производные функций, $\frac{dx}{dt}$ Derivatives of functions, $\frac{dx}{dt}$	Точка экстремума функций The extrema point of functions
Контроль (без внесения ферментных препаратов) Control (without adding of enzyme preparations)	Пак-чой Pak-choi	0,991	$\frac{1135,2 + 357,1x^2}{(3,17 + 75x - x^2)^2}$	1,78
	амаранта сорта Харьковский amaranth varieties Kharkiv	0,987	$\frac{401,2 - 1,81 \cdot 10^{-12}x + 185,2x^2}{(2,17 + 76,48x - x^2)^2}$	2,99
Внесение ферментного препарата Дистизим-протацид-экстра (дозировка 10^{-3} см^3 на 1 г сырья) Addidg enzyme preparation Dyzizim-protacid-extra (dosage 10^{-3} cm^3 per 1 g of raw material)	Пак-чой Pak-choi	0,987	$\frac{361,4 + 161,3x^2}{(2,25 + 32,41x - x^2)^2}$	1,5036
	амаранта сорта Харьковский amaranth varieties Kharkiv	0,988	$\frac{4285 - 1,45 \cdot 10^{-11}x + 476,2x^2}{(9 + 181,4x - x^2)^2}$	1,24
Внесение ферментного препарата Вискостар, (дозировка 10^{-3} см^3 на 1 г сырья) Introducing a Addidg enzyme preparation (dosage of 10^{-3} cm^3 per 1 g of raw material)	Пак-чой Pak-choi	0,994	$\frac{1453,4 + 588,2x^2}{(2,47 + 112,3x - x^2)^2}$	1,571
	амаранта сорта Харьковский amaranth varieties Kharkiv	0,992	$\frac{380,5 + 344,8x^2}{(1,103 + 141,4x - x^2)^2}$	1,47
Внесение ферментных препаратов Дистизим-протацид-экстра и Вискостар, (дозировка 10^{-3} см^3 на 1 г сырья) Addidg ferment preparations Dyzizim-protacid-extra and Viscostar, (dosing 10^{-3} cm^3 per 1 g of raw materials)	Пак-чой Pak-choi	0,985	$\frac{248,7 + 178,5x^2}{(1,39 + 34,64x - x^2)^2}$	1,18
	амаранта сорта Харьковский amaranth varieties Kharkiv	0,994	$\frac{48,6 - 5,82 \cdot 10^{-11}x + 833,3x^2}{(0,058 + 301,6x - x^2)^2}$	1,05

На основании полученных данных можно заключить, что оптимальным временем водной экстракции китайской капусты Пак-чой при температуре 55 °С является 1,78 часа. Внесение ферментного препарата Дистицим-протацид-экстра дозировкой 10^{-3} см³ на 1 г сырья позволяет сократить время экстракции на 15,52%. Внесение ферментного препарата Вискостар 150Л дозировкой 10^{-3} см³ на 1 г позволяет сократить время экстракции на 11,74%. При внесении ферментных препаратов как Дистицим-протацид-экстра, так и Вискостар 150Л дозировкой 10^{-3} см³ на 1 г позволит сократить время экстракции на 33,7% и составляет всего 1,18 часа.

Заключение

На основании полученных данных можно заключить, что оптимальным временем водной экстракции амаранта при температуре 55 °С является 2,99 часа. Внесение ферментного

препарата Дистицим-протацид-экстра дозировкой 10^{-3} см³ на 1 г сырья позволяет сократить время экстракции на 58,53%. Внесение ферментного препарата Вискостар 150Л дозировкой 10^{-3} см³ на 1 г позволяет сократить время экстракции на 50,83%. При внесении ферментных препаратов как Дистицим-протацид-экстра, так и Вискостар 150Л дозировкой 10^{-3} см³ на 1 г позволит сократить время экстракции на 64,88% и составляет всего 1,05 часа. Однако водные экстракты, полученные при обработке амаранта содержат на 11,01% меньше сухих веществ, чем аналогичные экстракты из китайской капусты Пак-чой. Таким образом, в ходе дальнейших исследований будут использованы экстракты из этого растения, полученные при 55 °С, дозировкой ферментных препаратов Дистицим-протацид-экстра и Вискостар 10^{-3} см³ на 1 г и временем экстракции 1,18 часа.

ЛИТЕРАТУРА

1 Агаджанян Н.А., Скальный А.В., Детков В.Ю. Элементный портрет человека: заболеваемость, демография и проблема управления здоровьем нации // Экология человека. 2013. С. 3–12.

2 DiMarco-Crook C., Xiao H. Diet-based strategies for cancer chemoprevention: the role of combination regimens using dietary bioactive components // Annu Rev. Food Sci. Technol. 2015. V. 6. P. 505–526.

3 Россия в цифрах. 2017. М.: Росстат, 2017 511 с.

4 Tushar D. Effect of extraction methods on yield, phytochemical constituents and antioxidant activity of *Withaniasomnifera* // Arabian Journal of Chemistry. 2017. V. 10. № 1. P. S1193-S1199.

5 Высочина Г.И. Амарант (*Amaranthus L.*): химический состав и перспективы использования (обзор) // Химия растительного сырья. 2013. № 2. С. 5–14.

6 Козарь Е.Г. Биологическая активность вторичных метаболитов растений семейства BRASSICACEAE // Овощи России. 2011. № 1. С. 46–53.

7 Муравьев К.Ю., Баракова Н.В., Хомяков Ю.В., Удалова О.Р. Накопление селена в китайской капусте сорта Пак-чой в процессе культивирования // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 4. С. 151–155.

8 Муравьев К.Ю., Баракова Н.В., Хомяков Ю.В., Панова Г.Г. Накопление селена в процессе культивирования амаранта // Вестник МАХ. 2018. № 1. С. 48–53.

9 Lee SuanChua. A review on plant-based rutin extraction methods and its pharmacological activities // Journal of Ethnopharmacology. 2013. V. 150. № 3. P. 805–817.

9 Бурдо А.К. Влияние СВЧ-поля на получение функциональных хлорофилл-содержащих экстрактов // Пищевая наука и технология. 2012. № 4(21). С. 14–17.

10 Бутко З.Т., Зайцев В.А. Влияние способа пробоподготовки на определение содержания селена в пищевых продуктах флуориметрическим методом // Здоровье и окружающая среда. 2013. № 23. С. 264–266.

11 Пат. РФ № 2391875 Способ получения растительного экстракта с повышенным содержанием селена / Маюрникова Л.А., Гореликова Г.А., Шигина Е.В., Щипицын С.К. Оpubл. 20.06.2010.

13 Prakash Maran J. et al. Box–Behnken design based statistical modeling for ultrasound-assisted extraction of corn silk polysaccharide // Carbohydrate Polymers. 2013. V. 92. № 1. P. 604–611.

14 Коцуба Т.В., Гайда В.К. Селен в производстве пищевых продуктов // Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы химии, биотехнологии и сферы услуг». 2017. С. 110–116.

15 Youcef M. Selenium in the Environment, Metabolism and Involvement in Body Functions // Molecules. 2013. V. 18(3). P. 3292–3311.

16 Дерябина И.В. Разработка способов экстракции для определения различных форм селена в доннике лекарственном // Хранение и переработка сельхозсырья. 2007 г.

REFERENCES

1 Agadzhanjan N.A., Skal'nyj A.V., Detkov V. Ju. Elemental portrait of a person: morbidity, demography and the problem of managing the health of the nation. *Jekologija cheloveka*. [Human ecology] 2013. pp. 3–12. (in Russian)

2 DiMarco-Crook C., Xiao H. Diet-based strategies for cancer chemoprevention: the role of combination regimens using dietary bioactive components. *Annu Rev. Food Sci. Technol.* 2015. vol. 6. pp. 505–526.

3 Rossiya v cifrah. [Russia in numbers] Moscow, Rosstat, 2017. 511 p. (in Russian)

4 Tushar D. Effect of extraction methods on yield, phytochemical constituents and antioxidant activity of *Withaniasomnifera*. Arabian Journal of Chemistry. 2017. vol. 10. no. 1. pp. S1193-S1199. (in Russian)

5 Vysochina G.I. Amaranthus L.: chemical composition and perspectives of use (review). *Himijarastitel'nogosyr'ja*. [Chemistry of plant materials] 2013. no. 2. pp. 5–14. (in Russian)

6 Kozar' E.G. Biological act of secondary metabolites of plants of the family BRASSICACEAE. *Ovoshhi Rossii*. [Russian vegetables] 2011. no. 1. pp. 46–53. (in Russian)

7 Murav'jov K.Ju., Barakova N.V., Homjakov Ju.V., Udalova O.R. The accumulation of selenium in the Chinese cabbage of Pak-choi cultivar in the process of cultivation. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tekhnologij* [Proceedings of VSUET] 2016. no. 4. pp. 151–155. (in Russian)

8 Murav'jov K.Ju., Barakova N.V., Homjakov Ju.V., Panova G.G. Accumulation of selenium in the process of cultivation of amaranth. *Vestnik MAKh*. [Proceedings of MAC] 2018. no. 1. pp. 48–53. (in Russian)

9 Lee SuanChua. A review on plant-based rutin extraction methods and its pharmacological activities. *Journal of Ethnopharmacology*. 2013. vol. 150. no. 3. pp. 805–817.

10 Burdo A.K. Effect of the microwave field on the production of functional chlorophyll-containing extracts. *Pishhevaja nauka i tekhnologija*. [Food science and technology] 2012. no. 4(21). pp. 14–17. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Кирилл Ю. Муравьев аспирант, кафедра пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Кронверкский пр-т, 19, г. Санкт-Петербург, 197101, Россия, k.murav@yandex.ru

Надежда В. Баракова к.т.н., доцент, факультет пищевых биотехнологий и инженерии, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Кронверкский пр-т, 19, г. Санкт-Петербург, 197101, Россия, n.barakova@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Кирилл Ю. Муравьев полностью подготовил рукопись и несет ответственность за плагиат

Надежда В. Баракова консультирование, помощь в проведении исследований

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 03.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 09.08.2018

11 But'ko Z.T., Zajcev V.A. Influence of the sample preparation method on the determination of selenium content in food products by the fluorimetric method. *Zdorov'e i okruzhajushhaja sreda*. [Health and environment] 2013. no. 23. pp. 264–266. (in Russian)

12 Majumikova L.A., Gorelikova G.A., Shigina E.V., Shhipicyn S.K. Sposob poluenija rastitel'nogo jekstrakta s povyshennym soderzhaniem selenia [A method for producing a plant extract with a high selenium content] Patent RF, no. 2391875, 2010. (in Russian)

13 Prakash Maran J. et al. Box–Behnken design based statistical modeling for ultrasound-assisted extraction of corn silk polysaccharide. *Carbohydrate Polymers*. 2013. vol. 92. no. 1. pp. 604–611

14 Kocuba T.V., Gajda V.K. Selenium in food production. *Materialy vsrossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnymu chastiem «Aktual'nye problem himii, biotekhnologii i sfery uslug»* [Materials of the All-Russian scientific-practical conference with international participation "Actual problems of chemistry, biotechnology and the service sector"] 2017. pp. 110–116. (in Russian)

15 Youcef M. Selenium in the Environment, Metabolism and Involvement in Body Functions. *Molecules*. 2013. vol. 18(3). pp. 3292–3311.

16 Deryabina I.V. Development of extraction methods for the determination of various forms of selenium in the clover of medicinal. *Khranenie i pererabotka selkhozsyria* [Storage and processing of agricultural raw materials] 2017 (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Kirill Yu. Murav'ev graduate student, department of food biotechnology products from vegetative raw material, ITMO University, Kronverksky Prospect, 49, St. Petersburg, 197101, Russia, k.murav@yandex.ru

Nadezhda V. Barakova Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, Faculty of Food Biotechnologies and Engineering, ITMO University, Kronverksky Prospect, 49, St. Petersburg, 197101, Russia, n.barakova@mail.ru

CONTRIBUTION

Kirill Yu. Murav'ev fully prepared the manuscript and is responsible for plagiarism

Nadezhda V. Barakova consulting, research assistance

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.3.2018

ACCEPTED 8.9.2018

Изучение свойств масла сладкосливочного десертного с вкусовыми компонентами

Ольга И. Долматова¹ olgadolmatova@rambler.ru
Александр С. Шаршов¹ mar233@mail.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Разработана технология масла сладкосливочного десертного с кленовым сиропом. Представляет научный интерес изучение его показателей качества при хранении. Органолептические показатели масла сладкосливочного с вкусовыми компонентами определяли в баллах. Бальная оценка масла составила 20 баллов. Найдены химические показатели масла сладкосливочного десертного с кленовым сиропом: массовая доля жира, не менее – 62%, массовая доля сухих веществ, не менее – 9,5%, массовая доля влаги, не более – 28,5%. Установлено соответствие показателей масла нормам, указанным в ТР ТС 033/2013 для масла сливочного с компонентами: массовая доля жира – 50–69%, массовая доля влаги – 16–45%. Определена термоустойчивость масла сладкосливочного десертного с кленовым сиропом – 0,7, т. е. показатель характеризуется как удовлетворительный. Установлена хорошая консистенция масла сладкосливочного десертного с кленовым сиропом пробой на срез – пластинка имеет плотную ровную поверхность и края, при легком нажиме прогибается. Срок годности масла сладкосливочного десертного с кленовым сиропом составляет 15 суток. Кислотность жировой фазы определяли на протяжении 21 дня (с учетом запаса времени). Показатель кислотности анализируемого образца на 15 сутки составил – 2,7 °К, что соответствует норме. Оценка показателей кислотности жировой фазы и кислотности плазмы масла показала незначительное их увеличение в течение гарантийного срока годности. Определена стойкость жира масла сладкосливочного десертного с кленовым сиропом. Во время проведения опыта цвет стал более желтым, запах – сладкий, сливочный, приятный, аромат кленового сиропа – ярко выражен. Образец выдержал испытания в течение 8 часов, порчи жира не отмечено. Определены микробиологические показатели масла. Установлено соответствие масла требованиям ГОСТ 32899–2014 и ТР ТС 033/2013 при хранении.

Ключевые слова: технология, сливочное масло, вкусовой компонент

The study of the properties of sweet cream butter with flavoring components

Olga I. Dolmatova¹ olgadolmatova@rambler.ru
Aleksandr S. Sharshov¹ mar233@mail.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia

Summary. The technology of sweet-sour dessert oil with maple syrup has been developed. It is of scientific interest to study its quality indices when stored. The organoleptic characteristics of the butter of the sweetener with flavor components were determined in the scores. The score of the ball was 20 points. The chemical parameters of sweet dessert oil with maple syrup are found: mass fraction of fat, not less than – 62%, mass fraction of dry substances, not less – 9,5%, mass fraction of moisture, not more than – 28,5%. The conformity of oil indicators with the norms specified in TP TS 033/2013 for cream butter with the components is established: mass fraction of fat – 50 to 69%, mass fraction of moisture – 16 to 45%. The thermostability of butter of sweet-dessert dessert oil with maple syrup has been determined – 0,7, i.e. the indicator is characterized as satisfactory. A good consistency of sweet dessert oil with maple syrup is found on the slice – the plate has a dense, even surface and edges, with slight pressure bending. The shelf life of sweet dessert oil with maple syrup is 15 days. Acidity of the fat phase was determined over a period of 21 days (taking into account the time reserve). The index of acidity of the analyzed sample for 15 days was – 2.7 °C, which corresponds to the norm. Estimation of the acidity of the fatty phase and the acidity of the plasma of the oil showed an insignificant increase during the warranty period of shelf life. The stability of fatty oil of sweet-dessert dessert with maple syrup has been determined. During the experiment, the color became yellow, the smell is sweet, creamy, pleasant, the aroma of maple syrup is pronounced. The specimen withstood the test for 8 hours, no damage to the fat is noted. The microbiological parameters of the oil have been determined. The conformity of oil with the requirements of State standard 32899–2014 and TP TS 033/2013 during storage is established.

Keywords: sweet butter, taste ingredient, quality

Введение

В настоящее время растительные компоненты пользуются особой популярностью в пищевой промышленности [1–3]. Их вносят в виде сока, пюре, джема, сиропа, порошка, концентрата. Они значительно повышают содержание витаминов в продукте, обогащают его минеральными соединениями, пищевыми волокнами, выполняют функцию пребиотиков,

стабилизаторов и структурирующих компонентов, а также придают разнообразные отличные вкусовые и цветовые оттенки продукту без дополнительных технологических приемов [4–7].

Основными показателями качества сладкосливочного масла с вкусовыми компонентами согласно ГОСТ 32899-2014 «Масло сливочное с вкусовыми компонентами. Технические условия» являются органолептические и химические

Для цитирования

Долматова О.И., Шаршов А.С. Изучение свойств масла сладкосливочного десертного с вкусовыми компонентами // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 220–223. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-220-223

For citation

Dolmatova O.I., Sharshov A.S. The study of the properties of sweet cream butter with flavoring components. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 220–223. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-220-223

показатели, в том числе массовая доля жира, массовая доля сухих веществ, массовая доля влаги; термоустойчивость [8, 9].

Согласно ТР ТС 033/2013 помимо вышеуказанных, контролируют следующие показатели качества масла сливочного с вкусовыми компонентами: кислотность масла и микробиологические показатели.

Также изучали показатели масла: оценка консистенции пробой на срез, стойкость молочного жира, кислотность плазмы масла.

Материалы и методы

Объектом исследования является сладкосливочное масло десертное с кленовым сиропом.

Оценку качества готового продукта проводили по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 22935-3-2011; ГОСТ Р ИСО 2446-2011; ГОСТ 3624-92; ГОСТ 32899-2014.

Результаты и обсуждение

Разработана технология масла сладкосливочного десертного с кленовым сиропом. Представляет научный интерес изучение его показателей качества при хранении.

Органолептические показатели масла сладкосливочного с вкусовыми компонентами определяли в баллах. Результаты суммировали и на основании общей оценки определяли качество масла. Общая оценка масла должна быть не менее 12 баллов, в том числе за вкус и запах – не менее пяти, за консистенцию – не менее трех, за цвет – не менее двух, за упаковку и маркировку – не менее двух.

Реализации не подлежит масло, имеющее:

- нечистый, посторонний, кислый, горький, прогорклый, затхлый, салитый, олеистый, окисленный, плесневелый вкус и запах;

- засаленную, мягкую, крошливую, неоднородную, колющуюся, излишне рыхлую, излишне слоистую, мучнистую консистенцию, а также неудовлетворительное распределение влаги и вкусовых компонентов;

- неоднородный, несоответствующий используемому компоненту цвет;

- неправильную, недостаточно четкую маркировку, наличие вмятин на поверхности упаковки, дефекты в заделке упаковочного материала, деформированную упаковку.

Органолептические показатели масла сладкосливочного десертного с кленовым сиропом приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Органолептические показатели масла
сладкосливочного десертного с кленовым
сиропом

Table 1.

Organoleptic indicators of oilsweet dessert with
maple syrup

Показатель Indicator	Оценка, баллы
Вкусы запах Taste and smell	10
Консистенция и внешний вид Consistency and appearance	5
Цвет Colour	2
Упаковка и маркировка Packing and marking	3
Итого Total	20

Найдены химические показатели масла сладкосливочного десертного с кленовым сиропом: массовая доля жира, не менее – 62%, массовая доля сухих веществ, не менее – 9,5%, массовая доля влаги, не более – 28,5%.

Установлено соответствие показателей масла нормам, указанным в ТР ТС 033/2013 для масла сливочного с компонентами: массовая доля жира – 50–69%, массовая доля влаги – 16–45%.

Термоустойчивость – показатель качества сливочного масла, характеризующий способность сохранять форму под действием собственной массы при температуре 30 °С в течение 2 ч. Термоустойчивость масла с вкусовыми компонентами должна быть в пределах от 0,7 до 1,0.

Определена термоустойчивость масла сладкосливочного десертного с кленовым сиропом – 0,7, т. е. показатель характеризуется как удовлетворительный.

Проба масла на срез позволяет с наибольшей простотой и при некотором – навыке с достаточной для сортировки продукта точностью характеризовать твердость, плотность, упругость, связность, распределение в масле водной фазы, а, следовательно, определить его консистенцию [10].

Установлена хорошая консистенция масла сладкосливочного десертного с кленовым сиропом – пластинка имеет плотную ровную поверхность и края, при легком нажиме прогибается.

Кислотность жировой фазы для масла сливочного с компонентами не должна превышать 3,5 °К (ТР ТС 033/2013). Определены показатели кислотности жировой фазы масла сладкосливочного десертного с кленовым сиропом при хранении (рисунок 1).

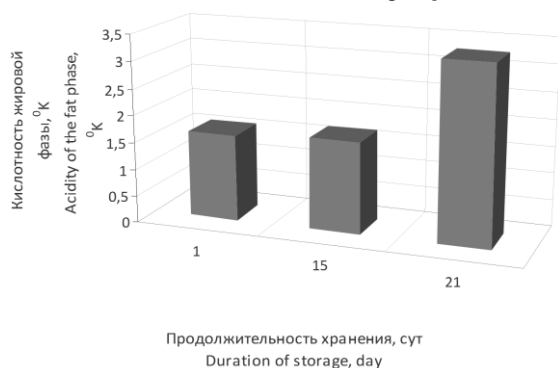


Рисунок 1. Кислотность жировой фазы масла сладкосливочного десертного с кленовым сиропом
Figure1. Acidity of the fatty phase of the mass of sweet-dessert dessert with maple syrup

Срок годности масла сладкосливочного десертного с кленовым сиропом составляет 15 суток при температуре $(3 \pm 2)^\circ\text{C}$. Кислотность жировой фазы определяли на протяжении 21 дня (с учетом запаса времени). Показатель кислотности анализируемого образца на 15 сутки составил – $2,7^\circ\text{K}$, что соответствует норме.

В связи с тем, что массовая доля влаги в исследуемом образце масла достаточно велика, по сравнению с маслом без вкусовых компонентов определяли кислотность плазмы масла при хранении (рисунок 2).

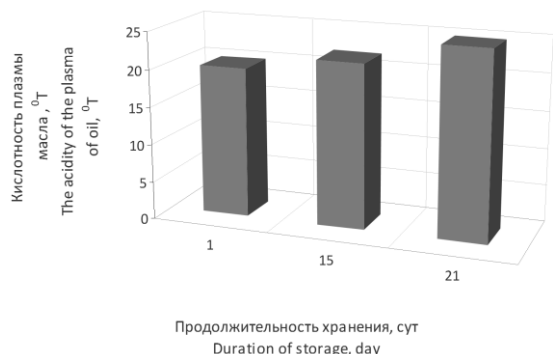


Рисунок 2. Кислотность плазмы масла сладкосливочного десертного с кленовым сиропом
Figure2. Acidity of the plasma of sweet dessert oil with maple syrup

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Shi J. Functional Food Ingredients and Nutraceuticals: Processing Technologies, Second Edition. CRC Press, 2015. P. 639 – 660.
- 2 Dolmatova O.I., Golubeva L.V. Scientific and practical aspects of the use of new raw materials in the production of oil products with a prolonged shelf life. Raleigh, Nord Carolina, USA: Lulu Press, 2015. 102 p.
- 3 Polyanskikh S.V., Ilyina N.M., Grebenshchikov A.V., Danyliv M.M. et al. Products of animal origin with vegetable components // Indian Journal of Science and Technology. 2016. V. 9. № 39. P. 103431.
- 4 Чаплинский В.В., Каблукова Е.В., Тошев А.Д., Лукин А.А. Кефир, обогащенный калиновым сиропом // Молочная промышленность. 2014. № 3.

Оценка показателей кислотности жировой фазы и кислотности плазмы масла показала незначительное их увеличение в течение гарантийного срока годности.

Определена стойкость жира масла сладкосливочного десертного с кленовым сиропом. Хороший молочный жир не должен иметь прогорклого запаха и должен сохранить желтый цвет на протяжении 8 часов.

Во время проведения опыта цвет стал более желтым, запах – сладкий, сливочный, приятный, аромат кленового сиропа – ярко выражен. Образец выдержал испытания в течение 8 часов, порчи жира не отмечено.

Определены микробиологические показатели масла сладкосливочного десертного с кленовым сиропом: КМАФАнМ, БГКП, дрожжи и плесени. Установлено соответствие масла требованиям ТР ТС 033/2013.

Заключение

Рассчитана балльная оценка масла сладкосливочного десертного с кленовым сиропом.

Найдены химические показатели масла сладкосливочного десертного с кленовым сиропом. Установлено соответствие показателей масла нормам, указанным в ТР ТС 033/2013 для масла сливочного с компонентами.

Определена термоустойчивость масла сладкосливочного десертного с кленовым сиропом.

Оценка показателей кислотности жировой фазы и кислотности плазмы масла показала незначительное их увеличение в течение гарантийного срока годности.

Определена стойкость жира масла сладкосливочного десертного с кленовым сиропом. Образец выдержал испытания в течение 8 часов, порчи жира не отмечено.

Установлено соответствие масла требованиям ГОСТ 32899-2014 и ТР ТС 033/2013 при хранении.

- 5 Габриелян Д.С., Трунская В.А., Кузин А.А. Молочно-сывороточный напиток с сиропом шелковицы // Молочная промышленность. 2014. № 5.
- 6 McSweeney H. Advanced Dairy Chemistry Springer, 2009. 778 p.
- 7 Marles R.J. Mineral nutrient composition of vegetables, fruits and declines // Journal of Food Composition and Analysis. 2017. V. 56. P. 93–103.
- 8 Вышемирский Ф.А. Производство масла из коровьего молока в России. СПб.: ГИОРД, 2010. 288 с.
- 9 Степанова Л.И. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. Т.2. Масло коровье и комбинированное. СПб: ГИОРД, 2002. 336 с.
- 10 Пономарев А.Н., Мельникова Е.И., Голубева Л.В., Долматова О.И. Технология масла. Теория и практика. Воронеж: ВГУИТ, 2015. 77 с.

REFERENCES

- 1 Shi J. Functional Food Ingredients and Nutraceuticals: Processing Technologies, Second Edition. CRC Press, 2015. pp. 639 – 660.
- 2 Dolmatova O.I., Golubeva L.V. Scientific and practical aspects of the use of new raw materials in the production of oil products with a prolonged shelf life. Raleigh, Nord Carolina, USA: Lulu Press, 2015. 102 p.
- 3 Polyanskikh S.V., Ilyina N.M., Grebenshchikov A.V., Danyliv M.M. et al. Products of animal origin with vegetable components. Indian Journal of Science and Technology. 2016. vol. 9. no. 39. pp. 103431.
- 4 Chaplinsky V.V Kefir enriched with kalinyum syrup. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry] 2014. no. 3. (in Russian)
- 5 Gabrileyan D. C Milk and whey drink with mulberry syrup. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry] 2014. no. 5. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ольга И. Долматова к.т.н., доцент, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, olgadolmatova@rambler.ru

Александр С. Шаршов студент, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mar233@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Ольга И. Долматова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат
Александр С. Шаршов обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провел эксперимент, выполнил расчёты

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 27.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 28.07.2018

6 McSweeney H. Advanced Dairy Chemistry Springer, 2009. 778 p.

7 Marles R.J. Mineral nutrient composition of vegetables, fruits and declines. Journal of Food Composition and Analysis. 2017. vol. 56. pp. 93–103.

8 Vyshemirsky F.A. Production of butter from cow's milk in Russia [Production of cow's milk oil in Russia] Saint-Petersburg, GIOR, 2010. 288 pp. (in Russian)

9 Stepanova L.I. Reference technologist dairy production. Technology and recipes. T.2. Cow oil and combined [Handbook of the technologist of dairy production. Technology and recipes. T.2. Cow and combined oil] Saint-Petersburg, GIOR, 2002. 336 p. (in Russian)

10 Ponomarev A.N., Melnikova E.I., Golubeva L.V., Dolmatova O.I. Oil technology. Theory and practice [Oil technology. Theory and practice] Voronezh, VGUIT, 2015. 77 p. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Olga I. Dolmatova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, animal origin products technology department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, olgadolmatova@rambler.ru

Aleksandr S. Sharshov student, animal origin products technology department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mar233@mail.ru

CONTRIBUTION

Olga I. Dolmatova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism
Aleksandr S. Sharshov review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.27.2018

ACCEPTED 7.28.2018

Технология масла сладкосливочного с вкусовыми компонентами

Ольга И. Долматова¹ olgadolmatova@rambler.ru
Александр С. Шаршов¹ mar233@mail.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Авторами предложено использование кленового сиропа в качестве вкусового компонента при производстве сладкосливочного масла десертного типа. Кленовый сироп – это сладкий сироп из сока дерева сахарного, красного, черного или остролистного клена. Нашел свое применение в качестве добавки к готовым продуктам и как рецептурный компонент сладких блюд. Важное преимущество кленового сиропа перед другими подсластителями (коричневый сахар, стевия, сироп агавы, мед и др.) заключается в том, что он содержит крайне малое количество оксалатов и пуринов, поэтому не вызывает пищевую аллергию. Так он же обладает антибактериальными, антидиабетическими свойствами, улучшает работу сердечно-сосудистой системы и др. Анализ витаминно-минерального состава кленового сиропа показал высокое содержание витамина В1 и В2, калия, кальция, магния, марганца, цинка. Проведена работа по подбору оптимальной дозировки сиропа растительного происхождения при производстве масла сладкосливочного с вкусовыми компонентами. Массовую долю сиропа варьировали в диапазоне от 0,5 до 10%. Установлена оптимальная дозировка – 8%. Технологическая схема масла сладкосливочного с кленовым сиропом предусматривает следующие операции: приемка сырьевых компонентов; сепарирование молока и получение сливок; пастеризация сливок; сепарирование сливок и получение высокожирных сливок; внесение кленового сиропа; нормализация высокожирных сливок; преобразование нормализованной смеси в масло; фасовка масла. Изучены показатели качества масла сладкосливочного с кленовым сиропом. Установлено соответствие масла требованиям ГОСТ 32899–2014. Определен срок годности продукта, упакованного в алюминиевую кашированную фольгу – 15 суток при температуре $(3 \pm 2)^\circ\text{C}$. На основании полученных данных можно сделать вывод о целесообразности разработки и реализации технологии масла сладкосливочного с кленовым сиропом на предприятиях масложировой промышленности.

Ключевые слова: технология, сливочное масло, вкусовой компонент

Technology of sweet cream butter with flavoring components

Olga I. Dolmatova¹ olgadolmatova@rambler.ru
Aleksandr S. Sharshov¹ mar233@mail.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia

Summary. The authors suggested the use of maple syrup as a flavor component in the production of sweet dessert oil of a dessert type. Maple syrup is a sweet syrup made from juice of a tree of sugar maple, red maple, black maple or horseradish maple. Has found its application as an additive for ready meals and as a recipe component of sweet dishes. An important advantage of maple syrup in front of other sweeteners (brown sugar, stevia, agave syrup, honey, etc.) is that it contains a very small amount of oxalates and purines, and therefore does not cause food allergy. Thus, it also possesses antibacterial, antidiabetic properties, improves the functioning of the cardiovascular system, etc. The analysis of the vitamin and mineral composition of maple syrup showed a high content of vitamins B1 and B2, potassium, calcium, magnesium, manganese, zinc. The work was carried out on the selection of optimal dosage of vegetable syrup in the production of sweet and sour oil with flavor components. The mass fraction of syrup varied in the range of 0.5 to 10%. The optimum dosage is set to 8%. The technological scheme of the soda oil with maple syrup involves the following operations: acceptance of raw components; milk separation and cream production; pasteurization of cream; Cream separation and preparation of high-fat cream; introduction of maple syrup; normalization of high-fat cream; conversion of a normalized mixture into an oil; oil packing. The indexes of quality of oil of a sweet-soup with maple syrup are studied. The conformity of oil to the requirements of GOST 32899–2014 is established. The expiration date of the product packed in aluminum foamed foil has been determined for 15 days at a temperature of $(3 \pm 2)^\circ\text{C}$. On the basis of the data obtained, it is possible to draw a conclusion on the expediency of developing and implementing the technology of the sweet and sour album oil with maple syrup at the enterprises of the oil and fat industry.

Keywords: technology, butter, flavor component

Введение

Сливочное масло – продукт, который по праву можно назвать товаром народного потребления [1].

Как и любой молочный продукт, сливочное масло можно производить с добавлением вкусовых компонентов [2–5].

Однако среди этой группы масел на полках магазинов можно увидеть только масло «Шоколадное».

Одним из рекомендуемых компонентов согласно ГОСТ 32899-2014 «Масло сливочное с вкусовыми компонентами. Технические условия» являются сиропы. Они широко применяются при производстве молочных

продуктов, улучшая не только органолептические свойства последних, но и придавая функциональную направленность [6–10].

Авторами предложено использование кленового сиропа в качестве вкусового компонента при производстве сладкосливочного масла десертного типа.

Кленовый сироп – это сладкий сироп из сока дерева сахарного, красного, черного или остролистного клена. Нашел свое применение в качестве добавки к готовым блюдам и как рецептурный компонент сладких блюд. Важное преимущество кленового сиропа перед другими подсластителями (коричневый сахар, стевия, сироп агавы, мед и др.) заключается

Для цитирования

Долматова О.И., Шаршов А.С. Технология масла сладкосливочного с вкусовыми компонентами // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 224–227. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-224-227

For citation

Dolmatova O.I., Sharshov A.S. Technology of sweet cream butter with flavoring components. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 224–227. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-224-227

в том, что он содержит крайне малое количество оксалатов и пуринов, поэтому не вызывает пищевую аллергию. Так он же обладает антибактериальными, антидиабетическими свойствами, улучшает работу сердечно-сосудистой системы и др.

Материалы и методы

Объектами исследования являются сырье для производства масла, сладкосливочное масло с кленовым сиропом.

Оценку качества готового продукта проводили по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 22935-3-2011; ГОСТ Р ИСО 2446-2011; ГОСТ 3624-92; ГОСТ 32899-2014.

Результаты и обсуждение

Кленовый сироп обладает следующими органолептическими свойствами (таблица 1). Химический состав кленового сиропа представлен в таблице 2.

Таблица 1.

Органолептические показатели
кленового сиропа

Table 1.

Organoleptic characteristics of maple syrup

Показатель Indicator	Характеристика Characteristic
Консистенция и внешний вид Consistency and appearance	Прозрачная вязкая жидкость, без осадка и посторонних включений Transparent viscous liquid, without precipitate and extraneous inclusions
Вкус и запах Taste and smell	Сладкий, карамельный вкус, специфический аромат Sweet, caramel flavor, specific flavor
Цвет Color	Светло коричневый Light brown

Витаминно-минеральный состав кленового сиропа

Vitamin-mineral composition of maple syrup

Показателя Indicator	Количество, мг Quantity, mg	% от нормы в 100 г. % of norm in 100 g
1	2	3
Витамины Vitamins		
Витамин В ₁ , тиамин Vitamin B ₁ , thiamine	0,066	4,4
Витамин В ₂ , рибофлавин Vitamin B ₂ , riboflavin	1,27	70,6
Витамин В ₄ , холин Vitamin B ₄ , choline	1,6	0,3
Витамин В ₅ , пантотеновая кислота Vitamin B ₅ , pantothenic acid	0,036	0,7
Витамин В ₆ , пиридоксин Vitamin B ₆ , pyridoxine	0,002	0,1
Витамин РР, никотиновая кислота Vitamin РР, nicotinic acid	0,081	0,4
Макроэлементы Macroelements		
Калий, К Potassium, K	212	8,5
Кальций, Са Calcium, Ca	102	10,2
Магний, Mg Magnesium, Mg	21	5,3
Натрий, Na Sodium, Na	12	0,9

Таблица 2.

Состав кленового сиропа

Table 2.

Composition of maple syrup

Показатель Indicator	Количество, г Quantity, g
Белки Proteins	0,04
Жиры Fats	0,06
Углеводы Carbohydrates	67,04
Вода Water	32,39
Зола Ash	0,47

Анализ витаминно-минерального состава кленового сиропа показал высокое содержание витамина В₁ и В₂, калия, кальция, магния, марганца, цинка (таблица 3).

Проведена работа по подбору оптимальной дозировки сиропа растительного происхождения при производстве масла сладкосливочного с вкусовыми компонентами. Массовую долю сиропа варьировали в диапазоне от 0,5 до 10%. Установлена оптимальная дозировка – 8%.

Технологическая схема масла сладкосливочного с кленовым сиропом предусматривает следующие операции:

- приемка сырьевых компонентов;
- сепарирование молока и получение сливок;
- пастеризация сливок;
- сепарирование сливок и получение высокожирных сливок;
- внесение кленового сиропа;
- нормализация высокожирных сливок;
- преобразование нормализованной смеси в масло;
- фасование масла.

Таблица 3.

Table 3.

1	2	3
Фосфор P Phosphorus P	2	0,3
Микроэлементы Microelements		
Железо, Fe Iron, Fe	0,11	0,6
Марганец, Mn Manganese, Mn	2,908	145,4
Медь, Cu Copper, Cu	18	1,8
Селен, Se Selenium, Se	0,6	1,1
Цинк, Zn Zinc, Zn	1,47	12,3

Полученный продукт имеет следующие органолептические показатели (таблица 4).

Физико-химические характеристики масла представленные в таблице 5.

Установлено обогащение масла сладкосливочного с кленовым сиропом витамином B₂, калием, кальцием, магнием, марганцем, цинком (таблица 6).

Таблица 4.

Органолептические показатели масла сладкосливочного с кленовым сиропом

Table 4.

Organoleptic characteristics of sweet and sour oil with maple syrup

Показатель Indicator	Характеристика Characteristic
Консистенция и внешний вид Consistency and appearance	Пластичная, однородная, поверхность блестящая Plastic, homogeneous, the surface is shiny
Вкус и запах Taste and smell	Сладкосливочный, со вкусом и запахом добавленного вкусового компонента Sweet, tasteful and smelly added flavor component
Цвет Colour	Желтый Yellow

Таблица 5.

Физико-химические показатели масла сладкосливочного с кленовым сиропом

Table 5.

Physical and chemical indices of the oil of a sweet-soup with maple syrup

Показатель Index	Количество Quantity
Массовая доля жира, %, не менее Mass fraction of fat, %, no less	62,0
Массовая доля сухих веществ, %, не менее Mass fraction of solids, %, no less	9,5
Массовая доля влаги, %, не более Mass fraction of moisture, %, no more	28,5
Термоустойчивость Thermal stability	0,7
Кислотность жировой фазы, °K Acidity of the fat phase, °K	1,6

Таблица 6.

Содержание витаминов и минералов в сливочном масле

Table 6.

The content of macro and microelements in the curd product and control sample

Название Name	Количество, мг Quantity, mg	
	Масло сладкосливочное с кленовым сиропом	Масло сладкосливочное
Витамин B ₂ , рибофлавин Vitamin B ₂ , riboflavin	0,20	0,11
Калий, K Potassium, K	38	23
Кальций, Ca Calcium, Ca	25	18
Магний, Mg Magnesium, Mg	1,8	0,4
Марганец, Mn Manganese, Mn	0,173	0,002
Цинк, Zn Zinc, Zn	0,2	0,1

Проведены микробиологические исследования масла сладкосливочного с кленовым сиропом. Установлено соответствие масла требованиям ГОСТ 32899-2014.

Определен срок годности продукта, упакованного в алюминиевую кашированную фольгу – 15 суток при температуре (3 ± 2) °C.

На основании полученных данных можно сделать вывод о целесообразности разработки и реализации технологии масла сладкосливочного с кленовым сиропом на предприятиях масложировой промышленности.

Заключение

Обоснован состав и рациональное соотношение кленового сиропа в рецептуре масла сладкосливочного с вкусовыми компонентами.

Разработана технология производства масла сладкосливочного с кленовым сиропом.

Изучены показатели качества масла сладкосливочного с кленовым сиропом. Определен срок его годности.

Установлено соответствие масла требованиям ГОСТ 32899-2014.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Вышемирский Ф.А. Производство масла из коровьего молока в России. СПб.: ГИОРД, 2010. 288 с.
- 2 Степанова Л.И. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. Т.2. Масло коровье и комбинированное. СПб: ГИОРД, 2002. 336 с.
- 3 Shi J. Functional Food Ingredients and Nutraceuticals: Processing Technologies, Second Edition. CRC Press, 2015. P. 639 – 660.
- 4 Dolmatova O.I., Golubeva L.V. Scientific and practical aspects of the use of new raw materials in the production of oil products with a prolonged shelf life. Raleigh: Lulu Press, 2015. 102 p.
- 5 Polyanskikh S.V., Ilyina N.M., Grebensh-chikov A.V., Danyliv M.M. et al. Products of animal origin with vegetable components // Indian Journal of Science and Technology. 2016. V. 9. № 39. P. 103431.
- 6 Колесникова С.В., Алексеенко А.В. Спреды с функциональными добавками – новый шаг в развитии продукта // Молочная промышленность. 2012. № 3. С. 55–56.
- 7 Чаплинский В.В., Каблукова Е.В., Тошев А.Д., Лукин А.А. Кефир, обогащенный калиновым сиропом // Молочная промышленность. 2014. № 3.
- 8 Габрилеян Д. С., Трунская В.А. Молочно-сывороточный напиток с сиропом шелковицы // Молочная промышленность. 2014. № 5.
- 9 McSweeney H. Advanced Dairy Chemistry. Springer, 2009. 778 p.
- 10 Marles R.J. Mineral nutrient composition of vegetables, fruits and declines // Journal of Food Composition and Analysis. 2017. V. 56. P. 93–103.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ольга И. Долматова к.т.н., доцент, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, olgadolmatova@rambler.ru
Александр С. Шаршов студент, кафедра технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mar233@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Ольга И. Долматова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат
Александр С. Шаршов обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провел эксперимент, выполнил расчёты

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 31.05.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 30.07.2018

REFERENCES

- 1 Vyshemirsky F.A. Proizvodstvo masla iz korov'ego moloka [Production of cow's milk oil in Russia] Saint-Petersburg, GIORД, 2010. 288 p. (in Russian)
- 2 Stepanova L.I. Spravochnik tekhnologa [Handbook of the technologist of dairy production. Technology and recipes. T.2. Cow and combined oil] Saint-Petersburg, GIORД, 2002. 336 p. (in Russian)
- 3 Shi J. Functional Food Ingredients and Nutraceuticals: Processing Technologies, Second Edition. CRC Press, 2015. pp. 639 – 660.
- 4 Dolmatova O.I., Golubeva L.V. Scientific and practical aspects of the use of new raw materials in the production of oil products with a prolonged shelf life. Raleigh, Nord Carolina, USA: Lulu Press, 2015. 102 p.
- 5 Polyanskikh S.V., Ilyina N.M., Grebensh-chikov A.V., Danyliv M.M. et al. Products of animal origin with vegetable components // Indian Journal of Science and Technology. 2016. V. 9. № 39. P. 103431
- 6 Kolesnikova S.V. Spreads with functional additives – a new step in the development of the product. *Molochnaya promyshlennost'* [The dairy industry] 2012. no. 3. pp. 55–56. (in Russian)
- 7 Chaplinsky V.V. Kefir enriched with kalinovym syrup. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry] 2014. no. 3. (in Russian)
- 8 Gabrileyan, D.S. Milk and whey drink with mulberry syrup. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry] 2014. no. 5.
- 9 McSweeney H. Advanced Dairy Chemistry. Springer, 2009. 778 p.
- 10 Marles R.J. Mineral nutrient composition of vegetables, fruits and declines. Journal of Food Composition and Analysis. 2017. vol. 56. pp. 93–103.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Olga I. Dolmatova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, animal origin products technology department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, olgadolmatova@rambler.ru
Aleksandr S. Sharshov student, animal origin products technology department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mar233@mail.ru

CONTRIBUTION

Olga I. Dolmatova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism
Aleksandr S. Sharshov review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 5.31.2018

ACCEPTED 7.30.2018

Исследование взаимосвязи гранулометрического состава образцов гречневой муки, представленных в торговых сетях г. Москва, и их технологических свойств

Светлана А. Ливинская ¹	livinskaya@mgupp.ru
Маргарита Э. Сaitова ¹	rita.s@list.ru
Алексей А. Ливинский ²	send2alexey@mail.ru

¹ МГУПП, Волоколамское ш., д. 11, Москва, 125080, Россия

² ТД «Нефтемагистраль», Волгоградский пр-т, 26, стр. 1, Москва, 109316, Россия

Реферат. При установлении стандартных показателей качества гречневой муки из пропаренной (коричневой) и непропаренной (зеленой) гречихи выявлены различия по органолептическим, физико-химическим свойствам для 5 образцов производственных помолов разных производителей. При оценке стандартным способом «проход через шелковое сито №38» составил более 60% для всех образцов. Образцы, изготовленные по собственным ТУ, не соответствовали требованиям действующего ГОСТ и имели в своем составе более 2% крупных частиц. При изучении гранулометрического состава микроскопическим методом было выявлено присутствие в интервале размера 205–250 мкм у всех образцов от 0.5 до 3.56% частиц. При обработке математическими методами экспериментальных данных выявлено, что крупные частицы выступают в качестве «грубых ошибок» и должны быть отброшены, хотя и определяют ее технологические свойства. Водоудерживающая способность у образцов гречневой муки из пропаренной крупы в среднем 2.3 раза выше, чем у пшеничной муки в/с, в 4.5 раза чем у ржаной муки и в 1.7 раза выше чем у муки из не пропаренной крупы. Жироудерживающая способность всех образцов лежит в интервале 58–83% и сопоставима со значениями ржаной и пшеничной муки в/с. Изучение структуры муки при микроскопировании, показало, что мука характеризуется также разным состоянием крахмала, обусловленным технологическим воздействием. Таким образом, стандартные показатели не в полной мере характеризуют качество гречневой муки. Было показано, что гранулометрический состав, выраженный распределением частиц по размеру для гречневой муки, как и для пшеничной является самостоятельным необходимым методом, позволяющим более полно охарактеризовать муку и его следует ввести в нормируемые показатели ее качества.

Ключевые слова: пропаренная, непропаренная, органолептические, пищевая ценность, размер частиц, микрофотографии, жироудерживание, влагоудерживание

Study of the effect of size composition of buckwheat flour, presented in the trade networks of Moscow, on their technological properties

Svetlana A. Livinskaya ¹	livinskaya@mgupp.ru
Margarita E. Saitova ¹	rita.s@list.ru
Aleksei A. Livinskii ²	send2alexey@mail.ru

¹ Moscow University of Food Production, Volokolamskoye highway, 11, Moscow, 125080, Russia

² ТД "Нефтемагистраль", Volgogradskiy Av., 26/1, Moscow, 109316, Russia

Summary. Quality attributes of buckwheat of steamed (brown) and unsteamed (green) buckwheat and differences between organoleptic, physicochemical characteristics for 5 samples by different producers were drawn out. During the estimation using the common technique «passage through silk cloth №38» made up more than 60% for all the samples. Some samples did not fill the requirements of National State Standard and contained more than 2% of large-sized grains. Investigation of granulometric structure with microscopical method showed that 0.5 – 3.56% of grains sized 205 – 250 micrometers in all the samples. While processing empirical data with mathematical methods it was proven that large-sized grains appear for «major mistake» and must be set aside, yet to determine its technological features. Water-holding capacity of steamed buckwheat is on the average 2.3 times higher than dark wheat flour has, 4.5 times higher than rye flour has and 1.7 times higher than unsteamed buckwheat has. Fat-holding capacity of all the samples is in the interval of 56 – 83% matches the description of rye and wheat flour. Investigation of flour structure during microscopic examination showed that flour can be defined by starch conditions according to technological effect. Consequently, standard indicators do not characterize the quality of buckwheat to the full extent. It has been shown, that granulometric structure, expressed by distribution grains due to size for buckwheat and wheat flour is an autonomous necessary method, allowing to characterize wheat in a more complex manner and this method is worth being added to its' quality specified parameters.

Keywords: steamed, unpaired, organoleptic, nutritional value, particle size, microphotography, fat retention, moisture retention

Для цитирования

Ливинская С.А., Сaitова М.Э., Ливинский А.А. Исследование взаимосвязи гранулометрического состава образцов гречневой муки, представленных в торговых сетях г. Москва, и их технологических свойств // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 228–235. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-228-235

For citation

Livinskaya S.A., Saitova M.E., Livinskii A.A. Study of the effect of size composition of buckwheat flour, presented in the trade networks of Moscow, on their technological properties. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 228–235. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-228-235

Введение

В настоящее время широко распространены мучные кондитерские и кулинарные изделия с заменой пшеничной муки в рецептурах нетрадиционными видами муки из зерновых, крупяных, бобовых, масличных культур и другим растительным сырьем. Популярно в последнее время использование гречихи. В этом смысле гречиха обыкновенная – традиционная зерновая культура для нашей страны. Ее достоинства общепризнанны для диетического питания. Гречневая мука широко используется в различных областях пищевой промышленности. Разработан широкий ассортимент рецептур пищевой продукции с использованием гречневой муки. В настоящее время в промышленной практике российских предприятий гречневой мукой заменяют от 10 до 20% муки в составе рецептур бисквитов, печенья, хлебобулочных изделий, а также кулинарной продукции, но новый интерес во всем мире обусловлен наличием в ней ряда соединений с антиоксидантными свойствами, а также возможностью изготавливать безглютеновые и продукты с низким гликемическим индексом [1, 2, 6–10].

Наилучшими хлебопекарными свойствами обладает пшеничная хлебопекарная мука высшего сорта (ГОСТ 52189-2003) дисперсность которой характеризуется средневзвешенным размером частиц не менее 100 мкм, а содержание фракций частиц размером менее 80 мкм составляет не более 30%, фракций частиц размером более 120 мкм составляет не менее 30% [3].

В РФ из зерна гречихи традиционно получают муку для диетического и детского питания. Мука должна иметь светло-бежевый, кремовый, бежевый с сероватым оттенком цвет и слегка горьковатый (ореховый) вкусом. В настоящее время в торговых сетях г. Москва представлена традиционная мука гречневая из из пропаренной крупы и новый вид муки гречневой из непропаренной крупы.

При выработке гречневой муки в промышленных масштабах из зерна, подвергнутого термической обработке получают муку коричневого цвета. Мука из непропаренной гречихи характеризуется бледно зеленым цветом и ее называют зеленой. Технологические особенности гречихи, как крупяной культуры исследовали многие отечественные и зарубежные ученые. Традиционно при производстве коричневой гречневой муки используют стадии очистки

от растительных примесей и оболочек, гидро-термической обработки (ГТО), разделения на фракции, отдельного размельчения, помола, просеивания. Многолетние исследования в МГУПП были направлены на установление критериев процесса измельчения зерна с целью получения муки с заданной дисперсностью. Было изучено влияние вида используемого оборудования и его компоновки в технологических схемах, технологических режимов измельчения и влаготепловой обработки на выход, качество муки [3].

На разных заводах используют разные технологические схемы получения муки. Одна из традиционных стадий получения коричневой муки – увлажнение и пропаривание при давлении пара 0,3 МПа, в течение 3–5 мин, и высушивание до влажности 12–14%. измельчения. Используется технологическая схема, состоящая из стадий: прожаривание при 170–200°C в течение 3–5 мин, увлажнение водой при 100 С, пропаривание, затем подсушивание. Цель совершенствования технологии на заводах – улучшение качества крупы, увеличение выхода муки, сокращение энергозатрат на производство [3, 5]. Но при изменении технологии производства муки меняется гранулометрический состав муки. Так, при увеличении давления пара от 0,05 МПа до 0,25 МПа и одновременном снижении длительности обработки с 15 мин до 2 мин меняется фракционный состав муки так, что доля крупных частиц увеличивается с 20,6 до 27,4%; средних с 6,2 до 7,1%, а мелких уменьшается с 43,7 до 37,6% [3].

Биохимические особенности зерна, все виды механических воздействий, типы используемого оборудования и технологических режимов определяют структурно-механические свойства муки, которые увязывают с дисперсностью муки. Размеры частиц муки характеризуют сорт муки. Размеры частиц в значительной мере оказывают влияние на биохимические и коллоидные процессы на стадии приготовления теста, а также на качество и выход готовых изделий. В трудах [3,5] указаны размеры частиц, характеризующие муку с лучшими хлебопекарными свойствами: средневзвешенный размер частиц не менее 0,1000 мм, а содержание фракции менее 0,0800 мм не более 30%, при этом частиц с размером 0,1200 мм не менее 30%.

Широко гречневая мука используется в хлебопекарной отрасли, обогащая хлеб более полноценным белком, витаминами и минеральными веществами, позволяет улучшить вкусовые

качества и ароматизировать хлеб. В МГУПП изучена возможность производства хлебобулочных изделий из смеси пшеничной и гречневой муки. Показано, что ввод до 20% гречневой муки в рецептуру хлебобулочных изделий не сказывается на пористости, удельном объеме хлеба [1]. Предложено использовать в рецептурах мучных кондитерских изделий [2, 6]. Важнейшей областью применения гречневой муки является ее использование в лечебном, детском и диетическом питании.

Тем не менее, технологические достоинства и пищевая ценность различных видов гречневой муки как сырья для производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий изучены недостаточно, в действующих в настоящее время нормативных документах не приведены необходимые показатели. Отсутствуют сравнительные данные о физико-химических показателях гречневой муки, полученной в условиях различных производств из пропаренной (коричневой) и непропаренной (зеленой) гречихи.

Цель работы – совершенствование системы оценки качества гречневой муки из пропаренной (коричневой) и непропаренной – (зеленой). Для реализации поставленной цели исследовали гранулометрический состав гречневой муки стандартным методом и на основе микроскопирования для образцов, изготовленных по разным нормативной документации; сравнивали микрофотографии образцов муки, а также жиро- и влагоудерживание.

Материалы и методы

При проведении исследований использовали муку гречневую «Гарнец» – ТУ 9293-002-43175543-03; муку гречневую «Старожитная» – ТУ РБ 600024008.084-2002; муку гречневую «Крупно» – ТУ 9293-005-00932169-96; муку гречневую для детского питания – ГОСТ Р 31645-2012; муку гречневую из зеленой гречки «Гарнец» – ТУ 9293-002-43175543-03. Органолептическую оценку гречневой муки проводили в соответствии с ГОСТ Р 31645-2012. Оценку осуществляли на соответствие действующей нормативно-технической информации и профильным методом с предварительным выявлением необходимых дескрипторов, а затем по интенсивности их проявления. Изделия оценивала комиссия из 7 отобранных дегустаторов. Для оценки качества изделия приняли 10-бальную шкалу интенсивности без коэффициентов весомости. Влажность муки определяли по ГОСТ 9404–88. Крупность помола гречневой муки определяли

по ГОСТ Р 31645-2012, а также оценивали по гранулометрическому составу. Гранулометрический состав гречневой муки определяли на информационно-измерительной системе «ГИУ-1-РС». Водоудерживающая способность (ЖУС) характеризовали количеством воды, удерживаемой продуктом против силы тяжести. Навеску муки в количестве 1 г помещали в градуированную центрифужную пробирку, добавляли 5 см³ воды, перемешивали в течение 1 мин при скорости вращения электрической мешалки 100 об/мин и оставляли в покое на 30 минут. Затем смесь центрифугировали в течение 25 мин со скоростью 5000 об/мин. Взвешивали пробирку с навеской и водой. Замеряли общий объем смеси в пробирке и объем воды, оставшейся не адсорбированной. Сливали не адсорбированную воду и устанавливали пробирки в наклонном положении на 10 минут для удаления оставшейся воды. Взвешивали пробирки. Обработку результатов осуществляли по формуле (1)

$$\text{ВУС} = (a - b) \times 100/c \quad (1)$$

где a – вес пробирки с навеской и связанной водой, г;
 b – вес пробирки с навеской, г; c – навеска, г

Жироудерживающую способность (ЖУС) определяли вышеизложенным методом с заменой воды растительным рафинированным дезодорированным маслом. Микрофотографии выполнены на микроскоп с установленной в нем видеокамерой, входящей в комплект оборудования «Гранулометр ГИУ-1» [4].

Результаты и обсуждение

Для проведения сравнительного анализа показателей качества в работе были использованы пять образцов гречневой муки производственных помолов разных производителей: четыре образца гречневой муки из пропаренной крупы (образцы 1–4) и один образец гречневой муки из непропаренной крупы (образец 5). Для возможности сравнения изучали комплекс показателей: органолептические, физико-химические, технологические свойства и крупность помола (таблицы 1–4).

По органолептическим показателям образцы 1–4 отличались по всем показателям. Цвет лежал в интервале интенсивности от светло-до темно-бежевого. Были выявлены различия в интенсивности гречишного вкуса и запаха. Образец 5, полученный из крупы зеленой, характеризовался светло-серым цветом и имел слабо-выраженный аромат, характерный для гречихи.

Таблица 1.

Органолептические показатели гречневой муки

Table 1.

Organoleptic Characteristics of buckwheat flour

Показатели оценки Assessment indicators		
Цвет Color	Вкус Taste	Запах Smell
Темно-бежевый Dark beige	Некислый, не горький, сильно-выраженный гречишный Not sour, not bitter, strongly expressed buckwheat	Сильно-выраженный гречишный, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневелый Strongly pronounced buckwheat, without foreign smell, not frowsy, not musty
Светло-серый Light grey	Некислый, слегка сладковатый, выраженный гречишный Not sour, slightly sweet, pronounced buckwheat	Выраженный гречишный, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневелый Pronounced buckwheat, without foreign smell, not frowsy, not musty
Светло-бежевый Light beige	Некислый, не горький, выраженный гречишный Not sour, not bitter, pronounced buckwheat	Выраженный гречишный, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневелый Pronounced buckwheat, no foreign odors, not musty, not moldy.
Серовато-бежевый Grayish-beige	Некислый, не горький, сильно выраженный гречишный Not sour, not bitter, strongly expressed buckwheat	Сильно-выраженный гречишный, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневелый Strongly pronounced buckwheat, without foreign smell, not frowsy, not musty
Светло-серый Light grey	Некислый, слегка сладковатый, слабо выраженный гречишный Not sour, slightly sweet, slightly pronounced buckwheat	Слабо выраженный гречишный, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневелый Weakly expressed buckwheat, without foreign smells, not musty, not moldy

Таблица 2.

Химический состав образцов муки (%)

Table 2.

Chemical composition of flour samples (%)

Образец Sample	Белки Proteins	Жиры Fats	Углеводы Carbohydrates	Влажность Humidity
1	12,5	2,5	70,0	9,4
2	10,9	2,6	70,0	8,8
3	12,3	2,0	70,0	8,4
4	9,0	2,0	79,0	10,0
5	12,6	3,3	57,1	10,2
Мука ржаная обдирная	8,9	1,7	61,8	13,5
Мука пшеничная в/с	10,3	1,1	69,6	14,4

По информации, вынесенной на этикетку, пищевая ценность, выражающая содержание основных веществ (таблица 2) была также различной. Образцы гречневой муки различались по количеству белков, которое варьировало от 9,0 до 12,6%, углеводов – от 57,1 до 79%, жиров – от 2,0 до 3,3%, влажность в интервале 8,4–10,0%. Во всех образцах гречневой муки содержание белков, жиров, углеводов было несколько выше, по сравнению с пшеничной и ржаной, исключение составил образец муки гречневой из непропаренной крупы (образец 5) содержание углеводов в котором составило 57,1%. Таким образом, отсутствие единой схемы выработки гречневой муки обуславливает то,

что представленная на отечественном рынке гречневая мука отличается неоднородностью состава. Также, образцы характеризовались разным гранулометрическим составом. Гранулометрический состав образцов гречневой муки из пропаренной муки оценивали двумя методами – ситовым и микроскопическим (таблица 3).

Для всех образцов «проход через шелковое сито № 38» составил не менее 60%. По показателю «остаток муки на сите» образец 4 соответствовал требованиям ГОСТ 31645-2012 – 0,5%. Остальные образцы, выработанные по собственным НТД имели в своем составе более 2% крупных частиц.

Таблица 3.

Гранулометрический состав образцов гречневой муки

Table 3.

Size composition of buckwheat flour samples

Образец Sample	Ситовой анализ	Sieve analysis	ГИУ-1	
	Сход с сита № 27, % 240 мкм и более Gathering with sieve № 27, % 240 Microns and More	Проход через сито № 38, % 150 мкм и менее Pass through a sieve № 38, % 150 microns and Less	% частиц размером 240 мкм и более % particle size 240 microns and More	% частиц размером 150 мкм и менее % particle size 150 microns and Less
1	5,6 ± 0,3	75,4 ± 3,7	0,35 ± 0,003	94,98 ± 0,94
2	12,2 ± 0,6	65,6 ± 3,3	0,12 ± 0,001	94,87 ± 0,94
3	8,4 ± 0,4	72,8 ± 3,6	0,45 ± 0,004	95,73 ± 0,95
4	0,5 ± 0,2	69,3 ± 3,4	1,74 ± 0,005	92,39 ± 0,92

Распределение частиц муки по размерам (таблица 3), полученные ситовым методом не совпадают с размером частиц, полученных микроскопическим методом, поскольку физико-химические процессы адгезии способствуют агрегации мелких частиц в более крупные и данный эффект не позволяет получить точные результаты. Аналогичные результаты были получены ранее для пшеничной муки [7, 8, 15]. Таким образом, контроль микроскопическим методом предоставляет больше информации для сравнения отдельных партий муки.

Очевидно, что для гречневой муки должна существовать оптимальная дисперсность, которая определяет ее технологические свойства. По результатам исследования гранулометрического состава образцов (1–4) гречневой муки из пропаренной гречихи микроскопическим методом на информационно-измерительной системе «ГИУ-1-РС», рассчитан суммарный объем всех фракций, среднеэквивалентный объему размер частиц (таблица 4).

Таблица 4.

Распределение частиц образцов гречневой муки различных производителей по размерам фракций, %

Table 4.

Distribution of sample particles buckwheat flour of different manufacturers by size of fractions, %

Размер частиц, мм Particle size, mm	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
От числа частиц From the number of particles				
0,0050–0,0500 в т. ч.	58,69	85,56	82,84	73,21
0,0050–0,0100	30,33	50,21	39,49	29,44
0,0550–0,1000	21,51	6,52	6,38	8,79
0,1050–0,1500	14,18	5,79	6,51	10,09
0,1550–0,2000	4,39	1,63	3,13	4,36
0,2050–0,2500	1,23	0,5	1,16	3,56
От объема of volume				
0,0150–0,0500 в т. ч.	0,89	1,58	1,38	0,6
0,0050–0,0100	0,01	0,05	0,03	0,01
0,0550–0,1000	14,11	11,5	5,57	3,95
0,1050–0,1500	36,56	38,5	28,21	17,26
0,1550–0,2000	29,18	28,18	33,85	19,69
0,2050–0,2500	19,25	20,27	31	58,49
Среднеэквивалентный объему размер частиц $d_{\text{экв}}$, мм Volume particle size d_{eq} mm	0,179	0,131	0,149	0,179
Суммарный объем всех фракций, мм ³ Total volume of all fractions, mm ³	45,18	18,43	25,39	46,80

В интервале размера 205–250 мкм у всех образцов присутствует от 0,5 до 3,56% частиц, размер которых не согласуется с нормальным распределением частиц по размеру.

При доказательстве нормальности распределения частиц по размерам математическими методами обработки экспериментальных данных выявлено, что крупные частицы выступают в качестве

«грубых ошибок», которые должны быть отброшены. Однако эти частицы присутствуют в образцах муки, определяют ее поверхностные свойства, участвуют в формировании свойств теста и готовой продукции, поэтому, на дальнейшем этапе исследований были сравнены поверхностные свойства образцов муки производственных помолов.

Несмотря на то, что образец 1 и образец 4 имеют одинаковый $d_{\text{экв}} = 0,179$ мм, у них имеются отличия в распределении частиц по размерам: крупных частиц в интервале размера 0,201–0,250 мм в образце 1 содержится 1,23%, а образце 4 – 3,56%, следовательно, всего частиц с размером с размером 0,005–0,200 мм в образце 1 – 99,36%, а в образце 4 – 96,75%. Самых мелких частиц с размером 0,005–0,010 мм в образцах 1 и 4 сходное количества – 30,33% и 29,44%, тогда как суммарное количество частиц с размером до 0,050 мм у образца 1 – 58,69%, а в образце 4 – 73,21%. Такое распределение частиц объясняет больший суммарный объем у образца 4 ($46,80 \text{ мм}^3$) по сравнению с образцом 1 ($45,18 \text{ мм}^3$). Образцу 2 соответствует самые маленькие $d_{\text{экв}} = 0,131$ мм и суммарный объем всех фракций – $18,43 \text{ мм}^3$, так же самое большое количество частиц в интервале с размерами 0,005–0,010 мм – 50,21% и до 0,050 мм соответственно 85,56%. Следовательно, для гречневой муки, как и для пшеничной муки [15] установление гранулометрического состава микроскопическим методом также является самостоятельным необходимым методом, позволяющим более полно охарактеризовать муку.

Технологические свойства исследуемых образцов гречневой муки сравнивали по их

жиро- (ЖУС) и влагоудерживающим (ВУС) способностям по типовой методике. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5.
Жиро- и влагоудерживающие (ВУС)
способности (%) муки

Table 5.
Fat- Water-Retention (WRA) ability (%) Flour

Образец Sample	ЖУС, %	ВУС, %
1	69 ± 3	329 ± 16
2	83 ± 4	335 ± 12
3	58 ± 3	309 ± 15
4	83 ± 4	335 ± 16
5	61 ± 5	195 ± 7
Мука ржаная обдирная Rye flour Flour	82 ± 4	140 ± 7
Мука пшеничная в/с Wheat flour	79 ± 4	72 ± 4
n = 3 P = 0,95 R > 95%		

По данным таблицы 5 водоудерживающая способность у образцов гречневой муки из пропаренной крупы в среднем 2,3 раза выше, чем у пшеничной муки в/с, в 4,5 раза чем у ржаной муки и в среднем 1,7 раза выше чем у муки из непропаренной крупы. Жироудерживающая способность образцов 1–5 лежат в интервале 58–83% и сопоставима со значениями ржаной и пшеничной муки в/с. Такие свойства гречневой муки обусловлены, вероятно тем, что при пропаривании гречихи, в зависимости от режимов теплового воздействия происходит изменение свойств крахмала, которое выявлено изучением структуры муки при микроскопировании представлено на микрофотографиях (рисунки 1–5).

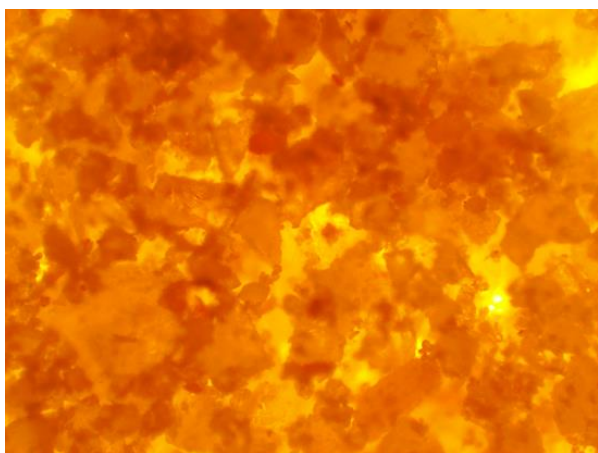


Рисунок 1. Микрофотографии образца 1
Figure1. Sample 1 microphoto



Рисунок 2. Микрофотографии образца 2
Figure2. Sample 2 microphoto

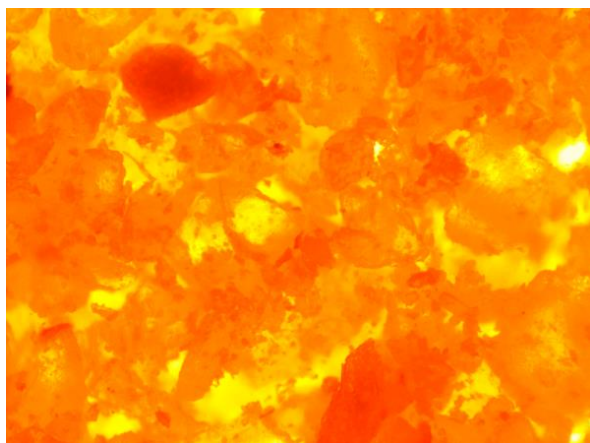


Рисунок 3. Микрофотографии образца 3 (слева)
Figure3. Sample 1 microphoto (left)

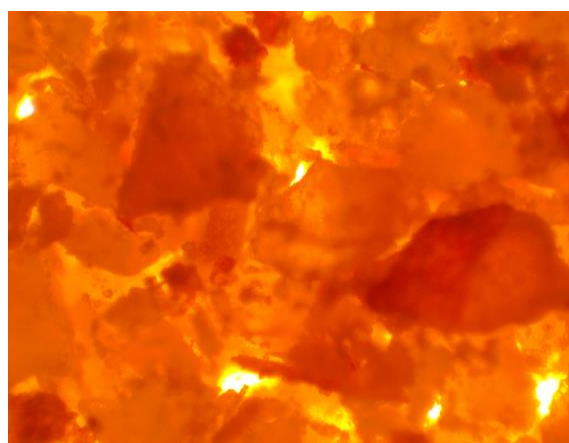


Рисунок 4. Микрофотографии образца 4
Figure4. Sample 4 microphoto

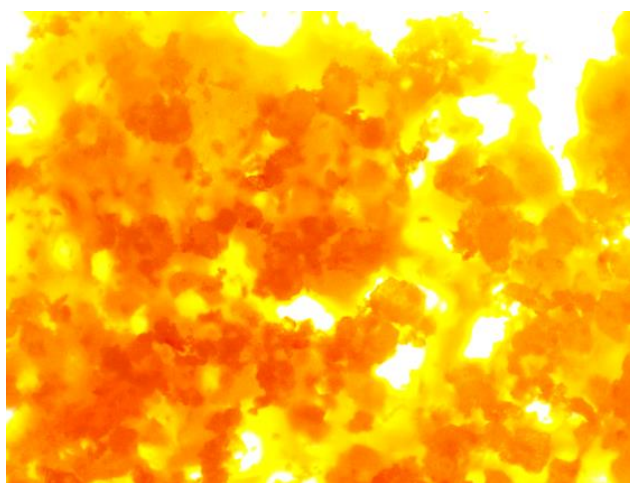


Рисунок 5. Микрофотографии образца 5
Figure5. Sample5 microphoto

При сравнении микрофотографий образцов видно (рисунки 1–5), что во всех образцах муки из пропаренной гречки появляются темно-коричневые агломераты (рисунок 1–4) разного размера, в то время, как в муке из непропаренной гречихи (рисунок 5) присутствуют более мелкие и бледно окрашенные частицы.

Таким образом, исследованные образцы гречневой муки разных производителей отличаются как гранулометрическим составом, характеризующимся различным размером частиц муки и их количеством, так и степенью интенсивности коричневого цвета, что свидетельствует о различных технологических режимах производства муки и влияет на ее технологические свойства, выраженные жиром-, влагоудерживанием.

Заключение

На основании проведенных исследований установлено, что образцы гречневой муки производственных помолов разных производителей

имеют отличия: по органолептическим показателям; по химическому составу (по содержанию белков, жиров и углеводов); по технологическим свойствам (жиро- и водоудерживающей способности); по гранулометрическому составу (выход фракций в% от общего количества частиц и от объема у образцов муки производственного помола различен, а среднеэквивалентный объемный размер частиц ($d_{эkv}$) лежит в интервале 0,131–0,179 мм); данные гранулометрического состава полученные ситовым методом не совпадают с установленным микроскопическим методом; микрофотографии свидетельствуют о различных физико-химических процессах при производстве муки.

Таким образом, гранулометрический состав, выраженный распределением частиц по размеру, является самостоятельным методом, позволяющим более полно охарактеризовать гречневую муку, и его следует ввести в нормируемые показатели ее качества.

ЛИТЕРАТУРА

1 Гаврилова О.М., Матвеева И.В., Юдина Т.А., Ломакин А.А. Сохранение свежести хлеба из смеси пшеничной и гречневой муки // Хлебопечение России. 2008. № 3. С. 18–20.

2 Ливинская С.А., Сaitova М.Э., Порожнюк Т.О., Дубцов Г.Г. Оптимизация рецептуры кексов на основе регулирования потребительских свойств, пищевой ценности и гликемического индекса продукции // Вопросы питания. 2016. Т. 85. № S2. С. 107.

3 Панкратов, Г.Н. Гранулометрический состав продуктов размола // Хлебопродукты. 2015. № 5. С. 46–49.

4 Черных В.Я. Информационно-измерительная система на базе прибора «Гранулометр ГИУ-1» для определения гранулометрического состава порошкообразных пищевых продуктов. М.: МГУПП, 2012. 65 с.

5 Черных В.Я. Современная методология управления технологическими свойствами хлебопекарной муки // Материалы 3 международной конференции «Современное хлебопечение – 2003»: МПА. М.: Пищепромиздат, 2003. С. 58–59.

6 Baljeet S.Y., Yadav R.B., Yadav R. Studies on functional properties and incorporation of buckwheat flour for bickuit making // International Food Research Journal. 2010. № 117 (4). P.1067-1076.

7 Christa K. Buckwheat grains and buckwheat products – nutritional and prophylactic value of their components – a review // Czech J. Food Sci. 2008. V. 26. № 3. P. 153–162

8 Campbell C.G. Present state and future prospects for buckwheat // Proc. 9th Int. Symp. Buckwheat. 2004. P. 26–29.

9 Chen D., Berhow M., Lee S. Antioxidant activity of commercial buckwheat flours and their free and bound phenolic compositions // Food Chemistry. 2011. V. 125. № 3. P.923–929.

10 Guo X., Ma Y., Parry J., Gao J. et al. Phenolics Content and Antioxidant Activity of Buckwheat from Different Locations // Molecules. 2011. № 16. P. 9850–9867.

REFERENCES

1 Gavrilova O.M., Matveeva I.V., Yudina T.A., Lomakin A.A. Saving freshness of the bread of mixture of flours wheat and buckwheat. *Khlebopechenie Rossii*. [Russian bakery] 2008. no. 3. pp. 18–20. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Светлана А. Ливинская к.т.н., доцент, кафедра, МГУПП, Волоколамское ш., д. 11, Москва, 125080, Россия, livinskaya@mgupp.ru

Маргарита Э. Сaitova старший преподаватель, кафедра, МГУПП, Волоколамское ш., д. 11, Москва, 125080, Россия, rita.s@list.ru

Алексей А. Ливинский к.т.н., инженер, ТД «Нефтьмагистраль», Волгоградский пр-т, 26, стр. 1, Москва, 109316, Россия, send2alexey@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Светлана А. Ливинская обзор литературных источников, предложила методику проведения эксперимента

Маргарита Э. Сaitova провела эксперимент, выполнила часть расчётов

Алексей А. Ливинский выполнил часть расчетов, написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 04.06.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 15.08.2018

2 Livinskaya S.A., Saitova M.E., Porozhniuk T.O., Dubtsov G.G. Optimization of cake recipes based on adjustment of consumer properties, nutritional value and glycemic index of products. *Voprosy pitaniya*. [Nutrition issues] 2016. vol. 85. no. S2. pp. 107. (in Russian)

3 Pankratov G.N. Granulometric composition of grinded products. *Khleboprodukty*. [Bakery] 2015. no. 5. pp. 46–49. (in Russian)

4 Tchernykh V.Y. Informatsionno-izmeritelnaia sistema na baze pribora Granulometr GIU 1 dlia opredeleniia granulometricheskogo sostava poroshkoobraznykh pishchevykh produktov [Information-measuring system on the basis of "Granulometer GIU 1" device for determining the granulometric composition of powdered food products] Moscow, MGUPP, 2012. 65 p. (in Russian)

5 Tchernykh V.Y. Materialy 3 mezhdunarodnoi konferentsii Sovremennoe khlebopechenie 2003 [Modern methodology for managing of the baking properties of flour. The third international conference «Sovremennoye khlebopechenie – 2003»: MPA] Moscow, Pischepromizdat, 2003. pp. 58–59. (in Russian)

6 Baljeet S.Y., Yadav R.B., Yadav R. Studies on functional properties and incorporation of buckwheat flour for bickuit making. *International Food Research Journal*. 2010. no. 117 (4). pp.1067-1076.

7 Christa K. Buckwheat grains and buckwheat products – nutritional and prophylactic value of their components – a review. *Czech J. Food Sci.* 2008. vol. 26. no. 3. pp. 153–162

8 Campbell C.G. Present state and future prospects for buckwheat. *Proc. 9th Int. Symp. Buckwheat*. 2004. pp. 26–29.

9 Chen D., Berhow M., Lee S. Antioxidant activity of commercial buckwheat flours and their free and bound phenolic compositions. *Food Chemistry*. 2011. vol. 125. no. 3. pp. 923–929.

10 Guo X., Ma Y., Parry J., Gao J. et al. Phenolics Content and Antioxidant Activity of Buckwheat from Different Locations. *Molecules*. 2011. no. 16. pp. 9850–9867.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Svetlana A. Livinskaya Cand. Sci. (Engin.), associate professor, department, MSUFP, Volokolamskoye highway, 11, Moscow, 125080, Russia, livinskaya@mgupp.ru

Margarita E. Saitova Dr. Sci. (Chem.), professor, department, MSUFP, Volokolamskoye highway, 11, Moscow, 125080, Russia, rita.s@list.ru

Aleksei A. Livinskii Cand. Sci. (Engin.), engineer, TD "Neftmagistral", Volgogradskiy Av, 26/1, Moscow, 109316, Russia, send2alexey@mail.ru

CONTRIBUTION

Svetlana A. Livinskaya review of literature on investigated problem, proposed a scheme of the experiment and organized production trials

Margarita E. Saitova conducted an experiment, performed the part of computations

Aleksei A. Livinskii performed the part of computations, wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 6.4.2018

ACCEPTED 8.15.2018

Разработка технологии получения кормовых продуктов на основе ультразвукового воздействия на целлюлозосодержащие и жиросодержащие отходы

Артем В. Быков	¹	artem19782@yandex.ru
Ольга В. Кван	^{1,2}	kwan111@yandex.ru
Алексей Н. Сизенцов	¹	asizen@mail.ru
Лариса В. Межуева	¹	larisam57@mail.ru
Маргарита Л. Русяева	¹	rusyeva1998@mail.ru
Ярослав А. Сизенцов	¹	asizen@mail.ru

¹ Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, пр. Победы, 13

² Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий российской академии наук, г. Оренбург, 9 Января, 29

Реферат. В статье представлен системный подход к решению производственных задач является наиболее ярким отличием современного алгоритма планирования технологических процессов от аналогичных схем индустриального общества. Это в полной мере относится и к современным технологическим решениям по построению производственных линий в промышленности. Значительная масса вещества, остающаяся после производства пищевых продуктов, является не чем иным, как вторичными ресурсами и требует или утилизации, или более глубокой переработки для дальнейшего использования в кормлении животных. Проблема утилизации отходов становится все более актуальной во всем мире. Интерес к ней вызван истощением отдельных видов сырьевых ресурсов и возможностью получения продукции из вторичного сырья (ВС) достаточно высокого качества с наименьшими издержками производства. Одним из перспективных направлений, является разработка технологии производства новых конкурентоспособных кормовых добавок из отходов перерабатывающей промышленности, обеспечивающая значительное повышение биодоступности питательных элементов из рационов. Основная концепция формирования предложенной методологии создание высокоэффективной технологии переработки отходов в компоненты кормов базируется на методическом комплексе исследований приготовления высокопитательной кормовой смеси. Данный комплекс охватывает всю рассматриваемую систему в целом с технологическими подходами и качественным выходом. Согласно представленным вариантам ультразвуковой переработки отходов выполнена сквозная компоновка технологических линий переработки подсолнечного фуза и пшеничных отрубей на корм, в которых осуществляется полный цикл изготовления и обработки продукта с непрерывным переходом обрабатываемого сырья от одной технологической операции к другой.

Ключевые слова: отходы, кавитация, технология, корма, энергоэффективность

Development of the technology of receiving fodder products on the basis of ultrasonic impact on cellulose containing and fatty waste

Artem V. Bykov	¹	artem19782@yandex.ru
Olga V. Kvan	^{1,2}	kwan111@yandex.ru
Aleksei N. Sizentsov	¹	asizen@mail.ru
Larisa V. Mezhueva	¹	larisam57@mail.ru
Margarita L. Rusyaeva	¹	rusyeva1998@mail.ru
Yaroslav A. Sizentsov	¹	asizen@mail.ru

¹ Orenburg state university, Orenburg, Pobedy sq., 13

² Federal Research Centre of Biological Systems and Agro-technologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, 9 Yanvary, 29

Summary. The article presents a systematic approach to solving production problems is the most striking difference between the modern algorithm of planning technological processes from similar schemes of industrial society. This fully applies to modern technological solutions for the construction of production lines in the industry. A significant mass of the substance remaining after food production is nothing more than secondary resources and requires either recycling or deeper processing for further use in animal feeding. The problem of waste disposal is becoming increasingly important worldwide. Interest in it is caused by the depletion of certain types of raw materials and the possibility of obtaining products from secondary raw materials (SM) of sufficiently high quality with the lowest production costs. One of the promising areas is the development of technology for the production of new competitive feed additives from waste processing industry, providing a significant increase in the bioavailability of nutrients from diets. The basic concept of formation of the proposed methodology the creation of a highly efficient technology for processing waste into feed components is based on a methodological complex of studies of the preparation of a highly nutritious feed mixture. This set covers the whole of the system as a whole with technological approaches and high-quality output. According to the presented variants of ultrasonic waste processing, the end-to-end layout of processing lines for processing sunflower and wheat bran for feed, in which the full cycle of production and processing of the product with a continuous transition of processed raw materials from one process operation to another, is carried out.

Keywords: waste, cavitation, technology, feed, energy efficiency

Введение

В настоящее время приоритетные направления развития аграрной науки и научного обеспечения АПК России до 2025 года связаны с разработкой наукоемких технологий, направленных на изыскание принципиально

новых, экологически безопасных и эффективных методов интенсификации технологических процессов, их совершенствование, а также создание системы ресурсосберегающих технологических процессов и машин, стабилизирующих показатели технологической адекватности и

Для цитирования

Быков А.В., Кван О.В., Сизенцов А.Н., Межуева Л.В., Русяева М.Л., Сизенцов Я.А. Разработка технологии получения кормовых продуктов на основе ультразвукового воздействия на целлюлозосодержащие и жиросодержащие отходы // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 236–242. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-236-242

For citation

Bykov A.V., Kvan O.V., Sizencov A.N., Mezhueva L.V., Rusjaeva M.L., Sizentsov Ya.A. Development of the technology of receiving fodder products on the basis of ultrasonic impact on cellulose containing and fatty waste. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 236–242. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-236-242

безопасности пищевого сырья и готовой продукции. Современные тенденции в науке и технологиях, с позиции общей концепции государственной политики в области здорового питания, а также реализации антикризисных мер в АПК России, должны быть ориентированы на разработку конкурентоспособных пищевых продуктов нового поколения, перспективных в плане импортозамещения и наращивания внутреннего спроса [1–3].

В основу создания высокоэффективных процессов производства, с учетом требований современной экологии и реабилитации окружающей среды, должны быть положены безопасные акустические, физико-химические, электрофизические и механические способы обработки сельскохозяйственного сырья, в том числе с использованием нанотехнологий, позволяющие осуществлять безреагентное регулирование его функционально-технологических свойств [4].

К таким, наиболее перспективным и современным способам интенсификации технологических процессов пищевых производств, относится использование активированных различными способами жидких сред в комплексе с рациональными гидромеханическими и ультразвуковыми воздействиями. В настоящее время активированные жидкие среды с технологически значимыми функциональными свойствами получают как

электрохимической обработкой, так и кавитационной дезинтеграцией [7–10].

Цель исследований – разработка кавитационной технологии переработки органических отходов с получением кормовых продуктов с заранее заданными свойствами.

Результаты и обсуждение

Создание кормовой смеси содержащие разные продукты кавитационного гидролиза включает в себя несколько технологических подходов, а именно, подготовка кормовых компонентов, водоподготовка и смешивание. Таким образом, рассматривая технологический процесс приготовления однородной кормовой смеси, как единую целую систему, при исследовании были выявлены входные и выходные потоки, а также неуправляемые возмущающие воздействия (рисунок 1).

Подсистема подготовки кормовых компонентов непосредственно влияет на конечный продукт, т. е. на качество кормовой смеси, поэтому в основе проектирования лежит концепция, связанная с физической сущностью природы процесса получения высокопитательных добавок на основе отходов агропромышленного комплекса, при использовании принудительного кавитационного гидролиза отдельных компонентов корма [5, 6].

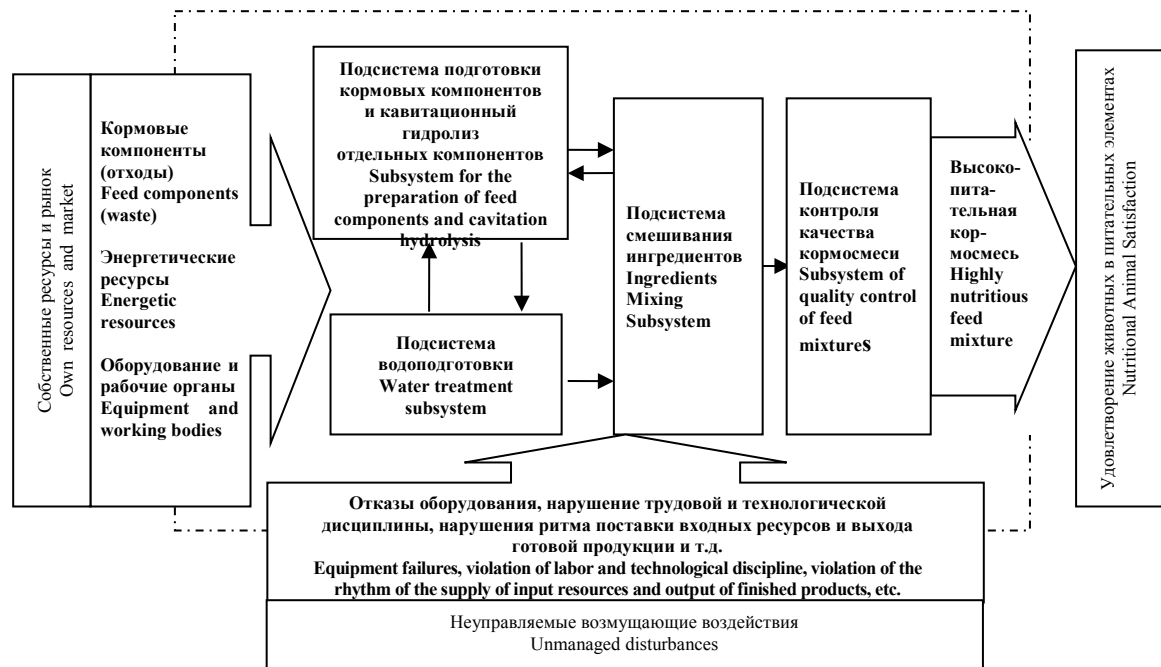


Рисунок 1. Структурная многопараметрическая схема создания кормовой смеси

Figure 1. Structural multiparametric scheme of fodder mixture creation

Каждая из представленных подсистем в свою очередь включает множество мелких элементов.

Основная концепция формирования предложенной методологии создания высокоэффективной технологии переработки отходов в компоненты

кормов базируется на методическом комплексе исследований приготовления высокопитательной кормовой смеси. Данный комплекс охватывает всю рассматриваемую систему в целом с технологическими подходами и качественным выходом.

Рассматриваемая система создания высокопитательной кормовой смеси описывается процессами, основанными на передаче по связям системы механической, тепловой, химической энергии, при этом часть энергии задерживается в кормосмеси, преобразуя ее, и, таким образом, оставаясь в материале. С одной стороны, энергией, передающейся от кавитационных диспергаторов поверхности кормосмеси, выступает ультразвуковой импульс, а с другой стороны, задерживаясь в корме, позволяет достичь необходимой однородности и мелкодисперсности. Таким образом, методика формирования внутренней характеристики

связана как с конструктивными, так и с качественными показателями системы [5].

Для осуществления предлагаемой технологии и получения нового продукта предложены два варианта машинно-аппаратурной схемы (рисунок 2), которые для обработки увлажненных пшеничных отрубей, микрочастиц цеолита предусматривает использование кавитатора, корпус которого выполнен в виде цилиндра, а рабочий орган представляет собой пятиугольную правильную звездчатую пирамиду – излучателя ультразвука – пьезокерамический элемент.

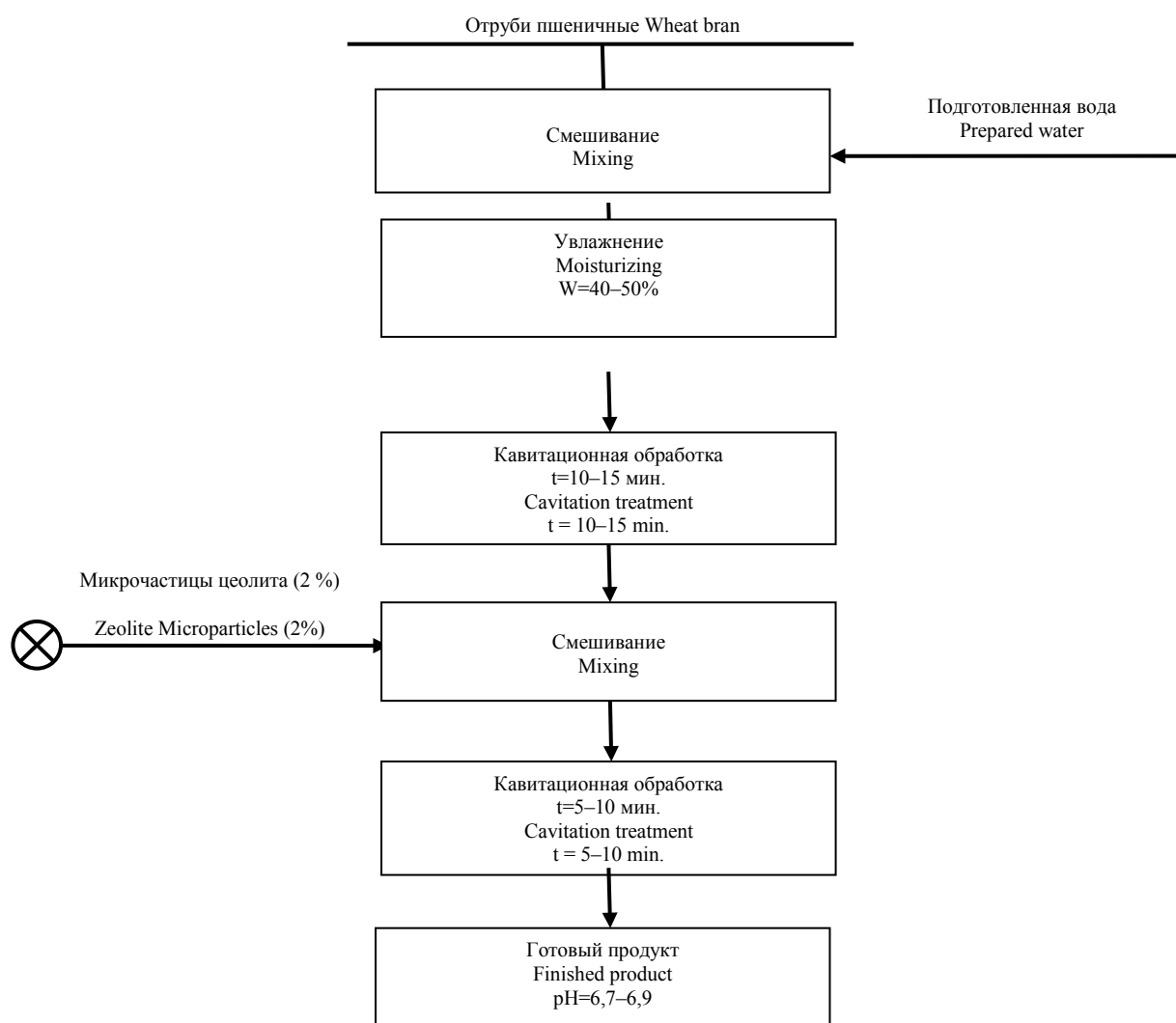


Рисунок 2. Технологическая схема обработки пшеничных отрубей на корм

Figure 2. Technological scheme of processing wheat bran for feed

Технологическая схема обработки пшеничных отрубей на корм предусматривает операцию обработки ультразвуком дважды. Первое обработку проводим, когда соединяем пшеничные отруби и воду, а второе – когда

к увлажненным отрубям добавляем микрочастицы цеолита.

Решить задачу кавитационной деконструкции целлюлозосодержащих отходов можно, используя как один (рисунок 3), так и два кавитатора (рисунок 4).

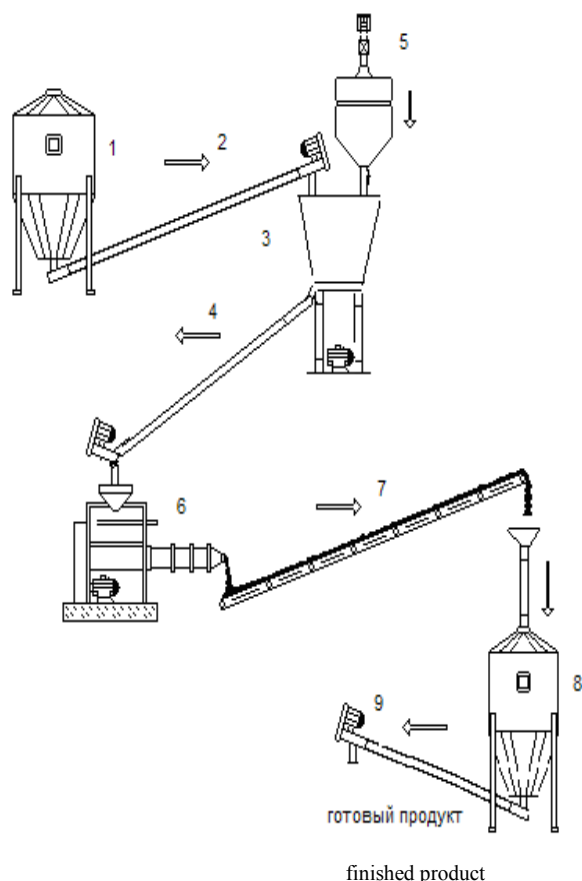


Рисунок 3. Машинно-аппаратурная схема обработки пшеничных отрубей на корм с применением одного кавитатора: 1 – бункер накопитель, 2, 4, 9 – шнековые транспортеры, 3 – кавитатор, 5 – дозатор, 6 – сушилка, 7 – ленточный транспортер, 8 – бункер готовой продукции

Figure3. Machine-equipment Scheme of processing wheat bran for feed with the use of one cavitator: 1-hopper storage, 2, 4, 9-Screw conveyors, 3-cavitators, 5-dosing, 6-dryer, 7-belt conveyor, 8 – hopper of finished products

Особенностью первой линии компоновки технологической линии является приготовление пшеничных отрубей (смешивание, увлажнение, кавитационную обработку) в одном кавитаторе.

Согласно второму варианту осуществлена сквозная компоновка технологической линии обработки пшеничных отрубей на корм, где осуществляется полный цикл изготовления и обработки продукта с непрерывным переходом обрабатываемого сырья от одной технологической операции к другой.

Таким образом, в зависимости от уровня обеспечения фермерских хозяйств можно использовать как первый вариант, так и второй вариант схемы обработки пшеничных отрубей.

Для осуществления предлагаемой технологии и получения нового продукта предложен

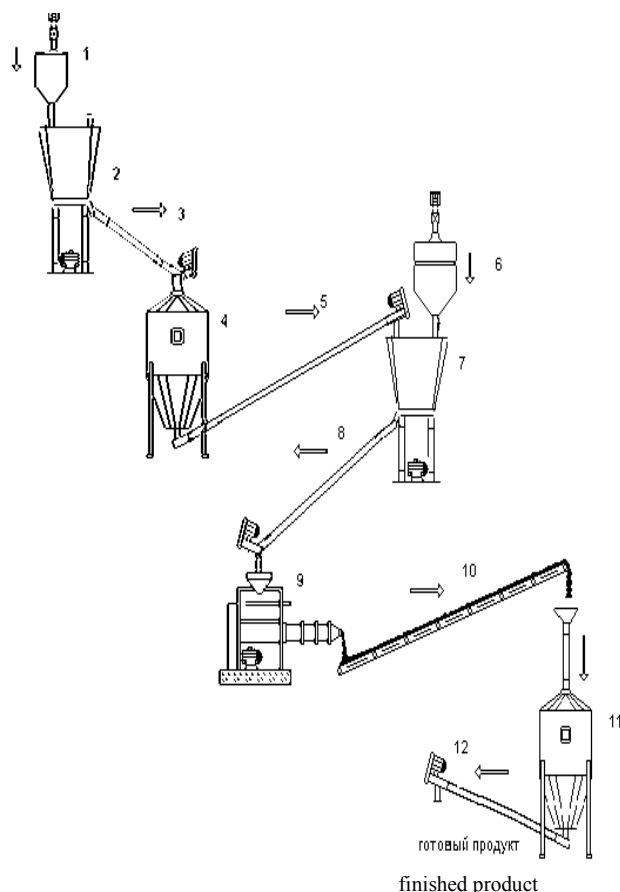


Рисунок 4. Машинно-аппаратурная схема обработки пшеничных отрубей на корм с применением двух кавитаторов: 1, 6 – дозаторы, 2, 7 – кавитаторы, 4 – бункер приемник, 3, 5, 8, 12 – шнековые транспортеры, 9 – сушилка, 10 – ленточный транспортер, 11 – бункер готовой продукции

Figure4. Machine-equipment scheme of processing of wheat bran on Feed with Using two cavitators: 1, 6 – Dosing units, 2, 7 – cavitators, 4 – Hopper Receiver, 3, 5, 8, 12 – Screw Conveyors, 9 – Dryer, 10 – Belt Conveyor, 11 – Finished product bunker

вариант машинно-аппаратурной схемы, которые для обработки подсолнечного фуза, микрочастиц цеолита предусматривает использование кавитатора, корпус которого выполнен в виде цилиндра, а рабочий орган представляет собой пятиугольную правильную звездчатую пирамиду – излучателя ультразвука – пьезокерамический элемент. На рисунке 5 представлена схема исследований.

Технологическая схема обработки подсолнечного фуза на корм предусматривает операцию обработки ультразвуком дважды. Первое обработку проводим, когда соединяем подсолнечный фуз и воду, а второе, когда к подготовленному продукту добавляем микрочастицы цеолита.

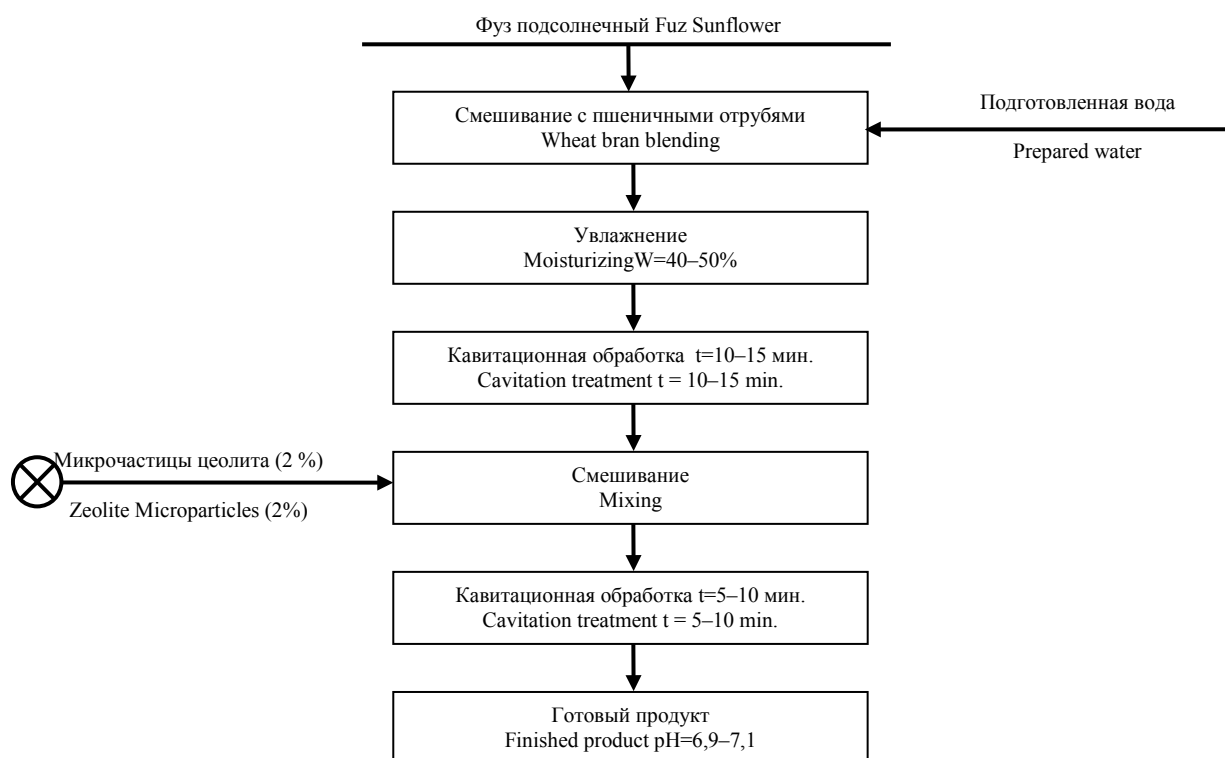


Рисунок 5. Технологическая схема обработки подсолнечного фуза на корм

Figure 5. Technological scheme of processing of sunflower solids on feed

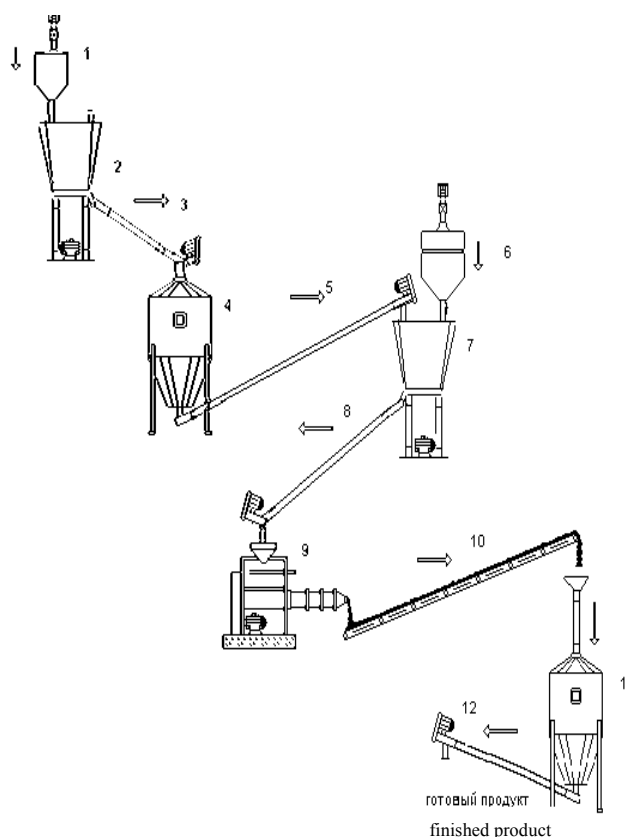


Рисунок 6. Машинно-аппаратурная схема обработки подсолнечного фуза на корм с применением двух кавитаторов: 1,6 – дозаторы, 2,7 – кавитаторы, 4 – бункер приемник, 3, 5, 8, 12 – шнековые транспортеры, 9 – сушилка, 10 – ленточный транспортер, 11 – бункер готовой продукции

Figure 6. Machine-equipment scheme of processing of sunflower solids on feed with using two cavitators: 1,6 – dosing units, 2,7 – cavitators, 4 – hopper receiver, 3, 5, 8, 12 – screw conveyors, 9 – dryer, 10 – belt conveyor, 11 – finished product bunker

Согласно представленному варианту осуществлена сквозная компоновка технологической линии обработки подсолнечный фуза на корм, где осуществляется полный цикл изготовления и обработки продукта с непрерывным переходом обрабатываемого сырья от одной технологической операции к другой.

Заключение

В зависимости от уровня обеспечения фермерских хозяйств можно использовать как

ЛИТЕРАТУРА

1 Айвазян С.С., Чубакова Е.Я. Использование вторичных сырьевых ресурсов в пивоваренной промышленности // Пищевая промышленность. 2017. № 7. С. 34–35.

2 Анискевич О.Н. Изменение технологических свойств воды при обработке ультразвуком // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2013. № 2. С. 44–49.

3 Бакач Н. Г. Перспективная технология и оборудование для приготовления полнорационных легкоусвояемых кормов для молодняка КРС // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2017. № 2 (26).

4 Беляев А. Н., Флегентов И.В., Суслов А.С. Совершенствование промышленных технологий обеззараживания воды // Природно-антропогенные ландшафтные комплексы степной зоны чеченской республики. 2012. С. 21.

5 Быков А.В., Мирошников С.А., Межуева Л.В. К пониманию действия кавитационной обработки на свойства отходов производств // Вестник Оренбургского государственного университета. 2014. № 12 (106). С. 77–80;

6 Межуева Л.В., Пискарева Т.И., Быков А.В. Физико-биотехнический подход к процессу создания однородной смеси // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. №6(62). С. 82–84.

7 Нартикоева А.О., Бутина Е.А., Герасименко Е.О., Буханов П.В. Использование вторичных ресурсов переработки высокомасличных сортов подсолнечника // Изв. вузов. Пищ. технология. 2016. № 2–3. С. 20–21;

8 Шванская И.А., Коноваленко Л.Ю. Использование отходов перерабатывающих отраслей в животноводстве. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. 96 с.

9 Lee K. et al. Prevalence of foodborne pathogens in pig and cattle carcass samples collected from Korean slaughterhouses // World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Animal and Veterinary Sciences. 2017. V. 4. № 12.

10 Sell-Kubiak E. et al. Genetic aspects of feed efficiency and reduction of environmental footprint in broilers: a review // Journal of applied genetics. 2017. V. 58. №. 4. P. 487–498.

REFERENCES

1 Aivazyan S. S. The use of secondary raw materials in the brewing industry. *Pishchevaia promyshlennost* [Food industry] 2017. no. 7. pp. 34–35. (in Russian)

первый вариант, так и второй вариант схемы переработки отходов АПК с получением высокопитательных кормов с заранее заданными свойствами.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Областного гранта в сфере научной и научно-технической деятельности в 2018 году № 11 от 31.07.2018 г. Исследования поддержаны грантом 0761-2018-0031 Российской академии наук

2 Aniskevich O. N. Change of technological properties of water during ultrasonic treatment. *Pishchevaia promyshlennost nauka i tekhnologii* [Food industry: science and technology] 2013. no. 2. pp. 44–49. (in Russian)

3 Bacach N. G. Advanced technology and equipment for the preparation of easily digestible complete feed for young cattle. *Vestnik Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva* [Bulletin of All-Russian scientific research Institute of mechanization of animal husbandry] 2017. no. 2 (26). (in Russian)

4 Belyaev A. N. Improvement of industrial water disinfection technologies. *Prirodno-antropogennye landshaftnye komplekсы stepnoi zony chechenskoi respubliki* [Natural-anthropogenic landscape complexes of the Chechen Republic] 2012. pp. 21. (in Russian)

5 Bykov A.V. To understanding of the properties of the waste treatment of the production of the cavitation treatment of the waste of the. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of the Orenburg state University] 2014. no. 12 (106). pp. 77–80. (in Russian)

6 Mezhuieva, L. V. Physical-technical approach to the process of creating a homogeneous mixture. *Izvestiia Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [News of the Orenburg state agrarian University] 2016. no. 6 (62). pp. 82–84. (in Russian)

7 Nartikoev A. O. The Use of secondary resources processing vysokomolochnye varieties of sunflower. *Izv vuzov Pishch tekhnologiiia* [News higher educational. Food technology] 2016. no. 2–3. pp. 20–21. (in Russian)

8 Svenska I. A., Konovalenko L. Y. Ispolzovanie otkhodov pererabatyvaiushchikh otraslei v zhivotnovodstve [The Use of waste processing industries in livestock] Moscow, FSBSI "Rosinformagrotech", 2011. 96 p. (in Russian)

9 Lee K. et al. Prevalence of foodborne pathogens in pig and cattle carcass samples collected from Korean slaughterhouses. World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Animal and Veterinary Sciences. 2017. vol. 4. no. 12.

10 Sell-Kubiak E. et al. Genetic aspects of feed efficiency and reduction of environmental footprint in broilers: a review. Journal of applied genetics. 2017. vol. 58. no. 4. pp. 487–498.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Артем В. Быков к.т.н., доцент кафедры пищевой биотехнологии, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, пр. Победы, 13, artem19782@yandex.ru

Ольга В. Кван научный сотрудник, институт биоэлементологии, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, пр. Победы, 13, kwan111@yandex.ru

Алексей Н. Сизенцов к.б.н., доцент кафедры биохимии и микробиологии, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, пр. Победы, 13, asizen@mail.ru

Лариса В. Межуева д.т.н., профессор кафедры пищевой биотехнологии, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, пр. Победы, 13, larisam57@mail.ru

Маргарита Л. Русяева студент, кафедра биохимии и микробиологии, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, пр. Победы, 13, rusyeva1998@mail.ru

Ярослав А. Сизенцов студент, кафедра биохимии и микробиологии, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, пр. Победы, 13, asizen@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 18.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 10.08.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Artem V. Bykov Cand. Sci. (Engin.), Associate Professor of the Department of Food Biotechnology, Orenburg state university, Orenburg, Pobedy sq., 13, artem19782@yandex.ru

Olga V. Kvan researcher, Institute Bioelementology, Orenburg state university, Orenburg, Pobedy sq., 13, kwan111@yandex.ru

Aleksei N. Sizentsov Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor of the Department of Biochemistry and Microbiology, Orenburg state university, Orenburg, Pobedy sq., 13, asizen@mail.ru

Larisa V. Mezhueva Doc. Sci. (Engin.), Professor of the Department of Food Biotechnology, Orenburg state university, Orenburg, Pobedy sq., 13, larisam57@mail.ru

Margarita L. Rusyaeva student, Biochemical and microbiology department, Orenburg state university, Orenburg, Pobedy sq., 13, rusyeva1998@mail.ru

Yaroslav A. Sizentsov student, Biochemical and microbiology department, Orenburg state university, Orenburg, Pobedy sq., 13, asizen@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors were equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.18.2018

ACCEPTED 8.10.2018

Исследование влияния экстракта кипрея узколистного на свойства хлебопекарных дрожжей

Алексей Г. Беляев¹ 7631pektin@mail.ru
 Мария А. Заикина¹ zaikina.marija@yandex.ru
 Анна Е. Ковалева¹ a.e.kovaleva@yandex.ru
 Эльвира А. Пьяникова¹ alia1969@yandex.ru

¹ Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, 305040, Россия

Реферат. Представлены результаты изучения полезных свойств кипрея узколистного *Chamerion angustifolium* (L.) Holub (содержание витаминов, минеральных и др. веществ, благоприятно влияющих на организм человека), изучен процесс экстрагирования кипрея узколистного из сухого растительного сырья водным раствором. Исследование концентрации кипрея узколистного в водном растворе с использованием рефрактометра показало, что до 20 мин. настаивания количество сухих веществ в экстракте растет, после 20 мин. настаивания концентрация сухих веществ остается постоянной. Таким образом, установлено оптимальное время настаивания - 20 мин. В результате исследования ускоренным методом подъемной силы прессованных дрожжей с использованием водного раствора и экстракта кипрея узколистного установили, что с внесением растительной добавки подъемная сила дрожжей уменьшилась по сравнению с контролем на 10,5%. Это свидетельствует о том, что продукты кипрея узколистного благоприятно воздействуют на дрожжевые клетки. Исследованы дрожжевые суспензии из воды и дрожжей и водного экстракта кипрея узколистного и дрожжей. По истечении 60 мин. термостатирования и последующего микроскопирования, с определением концентрации дрожжевых клеток с помощью счетной камеры Горяева, позволило установить, что концентрация дрожжевых клеток в суспензии с экстрактом кипрея узколистного превышает концентрацию в контрольной суспензии почти в 1,5 раза. Такое явление вызвано стимулирующим действием отдельных компонентов, входящих в состав кипрея узколистного (сахарами, витаминами, минеральными веществами и другими компонентами), являющихся дополнительным источником энергии. Предлагается к применению экстракт кипрея узколистного как сырья, используемого в приготовлении хлебоуточных изделий профилактического назначения.

Ключевые слова: кипрей узколистный, экстрагирование, хлебопекарные дрожжи, влияние экстракта

Study of the effect of narrow-leaved cypress extract on the properties of baking yeast

Aleksei G. Belyaev¹ 7631pektin@mail.ru
 Mariya A. Zaikina¹ zaikina.marija@yandex.ru
 Anna E. Kovaleva¹ a.e.kovaleva@yandex.ru
 Elvira A. Pyanikova¹ alia1969@yandex.ru

¹ South-West state University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia

Summary. This article presents the results of the study of the beneficial properties of narrow-leaved rosebay willowherb (*Chamerion angustifolium* (L.) Holub) (the contents of vitamins, minerals and other substances which positively affect the human body). The process of extraction of a narrow-leaved spray from a dry plant raw material with an aqueous solution was looked at. The investigation of the concentration of narrow-leaved rosebay willowherb in an aqueous solution using a refractometer revealed that a 20 min. infusion shows the constant growth of dry matter in the extract. However after the 20 min. period the concentration of solids stays constant. Therefore, the optimum infusion time was set to 20 min. As a result of the study, the accelerated method of lifting the pressed yeast using an aqueous solution and a lemon grass extract revealed that, with the addition of the plant additive, the lifting power of the yeast decreased by 10.5%. This indicates that the products of narrow-leaved rosebay willowherb favorably affect yeast cells. Yeast suspensions from water and yeast and aqueous extract of narrow-leaved rosebay willowherb and yeast spray have been studied. After 60 min. of thermostating and further microscope study, with the determination of the concentration of yeast cells with the help of Goryaev's chamber, allowed to establish that the concentration of yeast cells in suspension with the extract of narrow-leaved rosebay willowherb exceeds the concentration in the control suspension by almost 1.5 times. This phenomenon is caused by the stimulating effect of the individual components that make up the narrow-leaved rosebay willowherb (sugars, vitamins, minerals and other components), which are an additional source of energy. It is proposed to use the spray extract of the narrow-leaved rosebay willowherb as a raw material in the preparation of bakery products for preventive purposes.

Keywords: narrow-leaved cypress, extraction, baking yeast, extract effect

Введение

Питание является одним из важнейших факторов, определяющих здоровье населения. В плане реализации концепции государственной политики в области здорового питания, имеющей общенациональное значение, одним из основных путей производства пищевых продуктов является создание технологий

изготовления качественно новой продукции с направленно изменённым химическим составом. Это изделия массового потребления для людей различных возрастов, а также для лечебно-профилактического питания. У большинства россиян по данным Института питания РАМН, выявлены нарушения в питании из-за уменьшения потребления пищевых продуктов – источников

Для цитирования

Беляев А.Г., Заикина М.А., Ковалева А.Е., Пьяникова Э.А. Исследование влияния экстракта кипрея узколистного на свойства хлебопекарных дрожжей // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 243–247. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-243-247

For citation

Belyaev A.G., Zaikina M.A., Kovaleva A.E., Pyanikova E.A. Study of the effect of narrow-leaved cypress extract on the properties of baking yeast. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 243–247. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-243-247

энергии и полноценного белка, витаминов, макроэлементов и микроэлементов [1, 2].

Одним из наиболее интересных лекарственных растений является кипрей узколистный или иван-чай *Chamerion angustifolium* (L.) Holub. О разнообразной биологической активности экстрактов иван-чая в традиционной медицине известно давно: антиоксидантное, противовоспалительное, антиандрогенное, антипролиферативное, противогрибковое, антимикробное, антиноцицептивное действие. Один из основоположников отечественной фармакогнозии М.И. Варлаков считал, что кипрей стоит на первом месте по противовоспалительному действию, превосходя такие растения, как бадан, дуб, толокнянка и уступает только медицинскому, т. е. чистому танину. Кипрей узколистный является идеальным кладом витаминов и жизненно необходимых микроэлементов, которые участвуют в окислительно-восстановительных процессах, повышают иммунитет, влияют на кроветворение и на активность витаминов в организме, а также имеют огромное значение при заболеваниях крови, атеросклерозе, некоторых видах опухолей. Сочетание в кипрее слизи и танинов пирогалловой группы способствует нормализации деятельности кишечника, а также используется при воспалительных заболеваниях простаты, желудка, мочевого пузыря, почек, при лечении доброкачественной гиперплазии предстательной железы. Наличие пектиновых веществ и большого количества органических кислот способствуют детоксикации организма человека. Флавоноиды оказывают капилляроукрепляющее действие, что лежит в основе спазмолитического, противоопухолевого, противовоспалительного эффектов. Кипрей узколистный оказывает болеутоляющее, жаропонижающее, сосудорасширяющее, антимикробное действие за счет наличия в его составе кумаринов [3]. Листья и цветки, помимо седативного, оказывают противовоспалительное, ранозаживляющее и обволакивающее действие. Фитоэстрогены, фитогонотропины и лектины, содержащиеся в листьях, оказывают общеукрепляющее, анаболическое действие. Кипрей успокаивает нервную систему, по седативным свойствам он несколько уступает валериане, но обладает свойствами, которых у валерианы нет – противосудорожным эффектом. Водный и углекислотный экстракты обладают антигипоксическими свойствами. В кипрее узколистном содержится большое число солей разнообразных минералов: железа, меди, марганца, бора, молибдена, титана, положительно влияющих на процессы кроветворения. Растение содержит натрий, калий, кальций, литий, магний, фосфор, витамин С, это способствует укреплению

иммунной системы и повышению общего тонуса организма [4].

Для получения растительного сырья широко применяется процесс экстрагирования. Экстрагирование – процесс извлечения действующих веществ из сырья. Он достаточно сложный и состоит из нескольких стадий: набухания, образования первичного сока внутри клеток и массообмена.

Процесс экстрагирования растительного материала представляет собой не простое растворение составных частей растения, а многогранное явление физико-химических процессов, проходящих как внутри клетки, так и на ее поверхности. Наряду с процессами растворения происходят явления диффузии, осмоса, адсорбции и др. Для экстрагирования чаще всего применяется высушенный материал, в котором вследствие утраты влаги объем протоплазмы уменьшается, и образованные пустоты в клеточной оболочке заполняются воздухом [5].

Таким образом, использование экстракта кипрея узколистного позволит расширить ассортимент, повысить биологическую и пищевую ценность хлебобулочных изделий и обеспечит хорошие потребительские свойства.

Материалы и методы

Экстрагирование кипрея узколистного проводилось в лабораторных условиях, статистическим способом, заключающимся в настаивании сырья в течение определенных периодов времени. В качестве экстрагента использовалась вода. Сущность методики заключалась в следующем: измельченную траву кипрея узколистного заливали водой, температура которой составляла $90(\pm 2)^\circ\text{C}$. Количество сухих веществ в экстракте кипрея узколистного определяли на рефрактометре через определенные интервалы времени настаивания: 10, 15, 20 и 25 мин. [6]. График зависимости концентрации сухих веществ от времени экстракции представлен на рисунке 1.

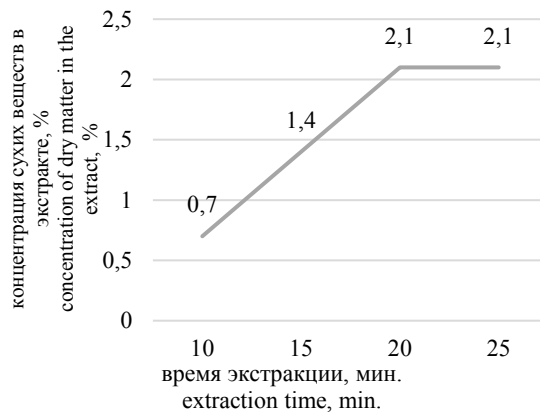


Рисунок 1. График зависимости концентрации сухих веществ от времени экстракции

Figure 1. The plot of the concentration of solids versus extraction time

После 10 мин. настаивания количество сухих веществ составляло 0,7%, после 15 мин. – 1,4%, после 20 мин. – 2,1% и после 25 мин. – 2,1%. Исследования проводили на рефрактометре РПЛ – 3.

До 20 мин. настаивания кипрея узколистного количество сухих веществ в экстракте растет, после 20 мин. настаивания – концентрация сухих веществ остается постоянной. Следовательно, оптимальное время настаивания составляет 20 мин., что соответствует рекомендуемому времени, указанному на упаковке лекарственного растения. В дальнейшем при выпечке хлебобулочных изделий данный водный экстракт использовался в качестве жидкого сырья путем частичной или его полной замены.

Результаты и обсуждение

Важное технологическое значение в хлебопекарном производстве имеет физиологическое состояние и биохимическая активность применяемых дрожжей, которые способны сбраживать сахара с образованием спирта и диоксида углерода. От них во многом зависит структура полуфабрикатов, объем и форма готовых изделий [7–9].

Для определения воздействия вносимой растительной добавки на состояние и активность хлебопекарных прессованных дрожжей, был проведен ряд исследований.

Подъемную силу дрожжей прессованных определяли ускоренным методом. Проводили два параллельных измерения, в первом (контрольном) опыте для приготовления раствора 2,5 г поваренной соли разводили в 100 мл воды, а во втором при приготовлении 2,5% раствора поваренной соли, соль разводили не в воде, а в 100 мл экстракта кипрея узколистного. На основе данных растворов формировались два тестовых шарика, которые одновременно погружали в стаканы с нагретой водой. Стаканы помещали в термостат ТС – 1/80. Время, прошедшее с момента опускания тестового шарика, замешенного на воде (контроль), в воду до момента его всплытия составило 11,45 мин., для шарика, замешенного на экстракте (с добавкой) – 10,25 мин. [10].

Умножив результаты на эмпирический коэффициент 3,5, получили подъемную силу дрожжей: для контроля – 40,08 мин, для тестового шарика с добавкой 35,88 мин.

Из опыта видно, что с внесением растительной добавки подъемная сила дрожжей уменьшилась по сравнению с контролем на 10,5%. Это говорит о том, что продукты кипрея узколистного благоприятно воздействуют на дрожжевые клетки. Полученные данные свидетельствуют о целесообразности использования кипрея узколистного в качестве биостимуляторов развития дрожжевых клеток.

Для осуществления следующего эксперимента готовили две дрожжевые суспензии: 0,31 г дрожжей прессованных разводили в 4,8 мл теплой дистиллированной воды, а затем помещали в термостат, с установленной температурой 35 °С. В свою очередь, для приготовления второй суспензии, вместо воды применяли 4,8 мл теплого экстракта кипрея узколистного. По истечению 60 мин. суспензии доставали из термостата и проводили их микроскопирование, с определением концентрации дрожжевых клеток с помощью счетной камеры Горяева.

На рисунках 2 и 3 представлены фотографии дрожжевых клеток, полученные под микроскопом с кратностью увеличения 40 x 10.



Рисунок 2. Исследование концентрации дрожжевых клеток под микроскопом в камере Горяева без добавления экстракта кипрея узколистного

Figure 2. The study of the concentration of yeast cells under a microscope in the Goryaev chamber without the addition of a narrow-leaved rosebay willowherb spray

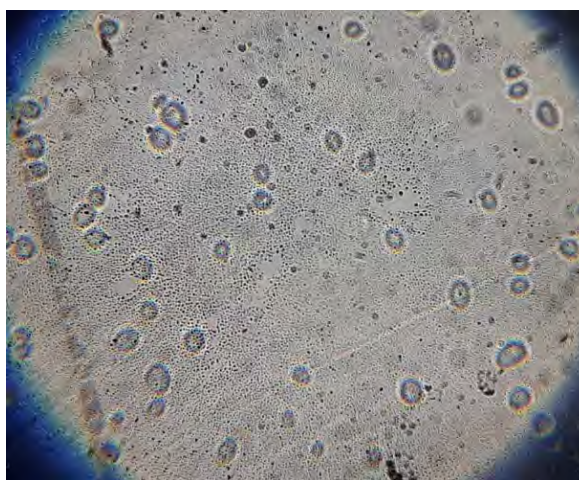


Рисунок 3. Исследование концентрации дрожжевых клеток под микроскопом в камере Горяева с добавлением экстракта кипрея узколистного

Figure 3. The study of the concentration of yeast cells under a microscope in the Goryaev chamber with the addition of a narrow-leaved rosebay willowherb spray

При сравнении фотографий 2 и 3 видно, что при внесении экстракта кипрея узколистного число клеток заметно увеличилось.

При микроскопировании дрожжевой суспензии без добавления экстракта кипрея узколистного количество клеток в десяти больших квадратах составило 176.

Количество клеток в 1 см³ исследуемой суспензии вычисляли по формуле

$$M = \frac{a \times n \times 10^3}{s \times h} \quad (1)$$

где М – число клеток в 1 см³ дрожжевой суспензии; а – среднее число клеток в квадрате сетки; n – разведение дрожжевой суспензии (если оно применялось); S – площадь квадрата сетки, мм²; h – глубина камеры.

Пересчет на 1 см³ суспензии с учетом разведения производили по формуле(1)

$$M = \frac{18 \times 7 \times 10^3 \times 25}{0,1} = 32 \times 10^6 \text{ кл/см}^3$$

Далее определяли концентрацию дрожжевых клеток в суспензии с добавлением экстракта кипрея узколистного. Число клеток в десяти больших квадратах составило 282, тогда как в 1 см³ исследуемой суспензии количество клеток будет равно

ЛИТЕРАТУРА

1 Заикина М.А., Хворостова А.А., Сушко В., Барвенкова И. Обогащение витаминами и улучшение органолептических свойств кексов, путем внесения нетрадиционного растительного сырья // Материалы 3-й Международной научно-практической конференции «Технологии производства пищевых продуктов питания и экспертиза товаров», Курск, 2018. С. 71–76.

2 Garcia-Amezquita L.E., Tejada-Ortigoza V., Serna-Saldivar S. O., Welti-Chanes J. Dietary Fiber Concentrates from Fruit and Vegetable By-products // Processing, Modification, and Application as Functional Ingredients. 2018. V. 11. № 8. P. 1439–1463.

3 Oboh G., Akinyemi A.J., Blessing A. Sunday Idowu Oyeleye et al. Polyphenolic compositions and in vitro angiotensin-I-converting enzyme inhibitory properties of common green leafy vegetables // A comparative study. 2016. V. 25. № 5. P. 1243–1249.

4 Голубев В.Н., Чичева-Филатова Л.В., Шленская Т.В. Пищевые и биологически активные добавки. М.: Академия, 2016. 208 с.

5 Ying G., Xiaofei Z., Li H., Qiuli Y. et al. Optimization of subcritical water extraction parameters of antioxidant polyphenols from sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed residue. 2015. V. 52. № 3. P. 1534–1542.

6 Авилова И.А., Беляев А.Г., Петрова А.Г. Изучение возможности использования нетрадиционного растительного сырья при производстве функциональных хлебобулочных изделий // Материалы 3-й Международной научно-практической конференции «Технологии производства пищевых продуктов питания и экспертиза товаров», Курск, 2017. С. 14–18.

$$M = \frac{28 \times 7 \times 10^3 \times 25}{0,1} = 49 \times 10^6 \text{ кл/см}^3$$

Концентрация дрожжевых клеток в суспензии с внесением экстракта кипрея узколистного превышает концентрацию в контрольной суспензии примерно в 1,5 раза, что связано со стимулирующим действием отдельных компонентов кипрея узколистного: сахарами, витаминами, минеральными веществами и другими компонентами, служащими дополнительным источником энергии.

Выводы

В ходе проведенных исследований:

— выявлено, что кипрей узколистный обладает рядом положительных свойств и его экстракт целесообразно использовать в производстве хлебобулочных изделий профилактического назначения;

— установлено, что процесс получения экстракта кипрея узколистного длится не более 20 мин., т. к. этого времени достаточно для достижения максимальной концентрации веществ;

— установлено, что за счет добавления экстракта кипрея узколистного к дрожжам ускоряется процесс роста дрожжевых клеток, что, в свою очередь, влечет за собой сокращение продолжительности брожения теста.

7 Петрова А.Г., Бароян Н.С., Беляев А.Г. Исследование влияния растительных добавок на хлебопекарные дрожжи // Сборник статей V Международной конференции в области товароведения и экспертизы товаров. «Проблемы идентификации, качества и конкурентоспособности потребительских товаров», Курск, 2017. С. 221–224.

8 Makhoul S., Romano A., Capozzi V., Spano G. et al. Volatile Compound Production During the Bread-Making Process: Effect of Flour, Yeast and Their Interaction. 2015. V. 8. № 9. P. 1925–1937.

9 Horstmann S.W., Atzler J.J., Heitmann M., Zannini E. et al. Impact of different *S. cerevisiae* yeast strains on gluten-free dough and bread quality parameters // European Food Research and Technology. 2018. P. 13–20.

10 ГОСТ Р 54731-2011. Дрожжи хлебопекарные прессованные. Технические условия. М.: Стандартформ, 2012. 12 с.

11 Хорев А.И., Рукин Б.П., Булавина Е.В. Инструменты планирования и обеспечения доходности предприятий хлебопекарной промышленности Воронежской области. Воронеж: Истоки, 2007. 199 с.

REFERENCES

1 Zaikina M.A., Khvorostova A.A., Sushko V., Barvenova I. Enrichment with vitamins and improvement of the organoleptic properties of cupcakes, by introducing non-traditional plant raw materials. Tekhnologii proizvodstva pishchevykh produktov pitaniia i ekspertiza tovarov [Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference "Technologies of food production and examination of goods"] Kursk, 2018. pp. 71–76. (in Russian)

2 Garcia-Amezquita L.E., Tejada-Ortigoza V., Serna-Saldivar S.O., Welti-Chanes J. Dietary Fiber Concentrates from Fruit and Vegetable By-products. Processing, Modification, and Application as Functional Ingredients. 2018. vol. 11. no. 8. pp. 1439–1463.

3 Oboh G., Akinyemi A.J., Blessing A. Sunday Idowu Oyeleye et al. Polyphenolic compositions and in vitro angiotensin-I-converting enzyme inhibitory properties of common green leafy vegetables. A comparative study. 2016. vol. 25. no. 5. pp. 1243–1249.

4 Golubev V.N. Pishchevye i biologicheski aktivnye dobavki [Food and biologically active additives: textbook] Moscow, Academy, 2016. 208 p. (in Russian)

5 Ying G., Xiaofei Z., Li H., Qiuli Y. et al. Optimization of subcritical water extraction parameters of antioxidant polyphenols from sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) seed residue. 2015. V. 52. № 3. P. 1534–1542.

6 Avilova I.A., Belyaev A.G., Petrova A.G. Study of the possibility of using non-traditional plant raw materials in the production of bakery products. Tekhnologii proizvodstva pishchevykh produktov pitaniia i ekspertiza tovarov [Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference "Technologies of food production and examination of goods"] Kursk, 2017. pp. 14–18. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Алексей Г. Беляев к.т.н., доцент, кафедра товароведения, технологии и экспертизы товаров, Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, 305040, Россия, 7631pektin@mail.ru

Мария А. Заикина к.т.н., доцент, кафедра товароведения, технологии и экспертизы товаров, Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, 305040, Россия, zaikina.marija@yandex.ru

Анна Е. Ковалева к.х.н., доцент, кафедра товароведения, технологии и экспертизы товаров, Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, 305040, Россия, a.e.kovaleva@yandex.ru

Эльвира А. Пьяникова к.т.н., доцент, зав. кафедрой, кафедра товароведения, технологии и экспертизы товаров, Юго-Западный государственный университет, ул. 50 лет Октября, 94, 305040, Россия, alia1969@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Алексей Г. Беляев провел эксперимент, выполнил расчеты

Мария А. Заикина обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Анна Е. Ковалева несёт ответственность за плагиат

Эльвира А. Пьяникова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 12.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 15.08.2018

7 Petrova A.G., Baroyan N.S., Belyaev A.G. Investigation of the effect of vegetable additives on baking yeast. Sbornik statei V Mezhdunarodnoi konferentsii v oblasti tovarovedeniia i ekspertizy tovarov Problemy identifikatsii kachestva i konkurentosposobnosti potrebitelskikh tovarov [Collection of articles of the V International Conference in the field of Commodity Research and Goods Expertise. "Problems of identification, quality and competitiveness of consumer goods"] Kursk, 2017. pp. 221–224. (in Russian)

8 Makhoul S., Romano A., Capozzi V., Spano G. et al. Volatile Compound Production During the Bread-Making Process: Effect of Flour, Yeast and Their Interaction. 2015. vol. 8. no. 9. pp. 1925–1937.

9 Horstmann S.W., Atzler J.J., Heitmann M., Zannini E. et al. Impact of different *S. cerevisiae* yeast strains on gluten-free dough and bread quality parameters. European Food Research and Technology. 2018. pp. 13–20.

10 GOST R 54731-2011 Drozhzhi khlebopekarnye pressovannye Tekhnicheskie usloviia [Baking yeast. Technical conditions] Moscow, Standartform, 2012. pp. 12 (in Russian)

11 Horev A.I., Rukin B.P., Bulavina E.V. Instrumenty planirovaniya i obespecheniya dohodnosti predpriyatij hlebopekarnoj promyshlennosti Voronezhskoj oblasti [Tools for planning and ensuring profitability of enterprises of the baking industry of the Voronezh region]. Voronezh, Istoki, 2007. 199p.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Aleksei G. Belyaev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, department of commodity science, technology and examination of goods, South-West state University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia, 7631pektin@mail.ru

Mariya A. Zaikina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, department of commodity science, technology and examination of goods, South-West state University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia, zaikina.marija@yandex.ru

Anna E. Kovaleva Cand. Sci. (Chem.), associate professor, department of commodity science, technology and examination of goods, South-West state University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia, a.e.kovaleva@yandex.ru

Elvira A. Pyanikova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, head of department, department of commodity science, technology and examination of goods, South-West state University, 50 years of October Av., 94, Kursk, 305040, Russia, alia1969@yandex.ru

CONTRIBUTION

Aleksei G. Belyaev conducted the experiment, performed the calculations

Mariya A. Zaikina review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Anna E. Kovaleva is responsible for plagiarism

Elvira A. Pyanikova wrote the manuscript, correct it before filing in editing

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.12.2018

ACCEPTED 8.15.2018

Применение низкопентозановой ржи в технологии этилового спирта

Диана С. Алимова	¹	alimova-diana@mail.ru
Надежда В. Баракова	¹	n.barakova@mail.ru
Всеволод А. Романов	¹	dyvom@notsharingmy.info
Евгений А. Самоделкин	²	smdlkn@inbox.ru

¹ Университет ИТМО, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 190002, Россия

² Центральный научно-исследовательский институт конструкторских материалов «Прометей», ул. Шпалерная, 49, г. Санкт-Петербург, 191015, Россия

Реферат. Проведены исследования по применению нового сорта озимой ржи Янтарная, выведенного в ГНУ ВНИИР им. Н. И. Вавилова, в производстве этилового спирта. Сорт Янтарная отличается низким содержанием водорастворимых пентозанов (0,5–0,8%), что сопоставимо с их содержанием в пшенице (0,5–1,0)%. В качестве объекта исследования использовалась рожь Янтарная с содержанием пентозанов 0,53%, в качестве контрольного образца — фуражная рожь с содержанием пентозанов 3,60%. После измельчения зерна на дезинтеграторе ДЕЗИ-15 с пятирядным ротором гранулометрический состав помолов составил: фуражная — 97±2%, Янтарная — 95±2%. Готовились замесы с гидромодулем 1:3 и подвергались водно-тепловой обработке в течение 2,5 часов при постоянном перемешивании; ферментные препараты не вносились. Во время водно-тепловой обработки измерялась вязкость замесов на вискозиметре ViscoBasicPlusRc использованием шпинделя R2 при скорости сдвига 50 с⁻¹ и определялась динамика нарастания экстрактивности замесов. Полученное сусло сбраживалось реактивированными сухими дрожжами Thermosacc производства LallemandBiofuels & DistilledSpirits с внесением азотистого питания в виде добавки DistilaVite VM производства LallemandBiofuels & DistilledSpirits. Брожение проводилось при температуре 30°C в течение 62 часов. Показатели качества дистиллятов бражки оценивались газохроматографическим методом на приборе «Кристалл-2000М». Показатели качества послеспиртовой барды — содержание сырого протеина, жира, клетчатки, золы — определялись методиками, предусмотренными соответствующими ГОСТ. Данные, полученные в результате экспериментов, позволяют говорить о высокой эффективности применения озимой ржи сорта Янтарная в производстве этилового спирта.

Ключевые слова: рожь Янтарная, низкое содержание пентозанов, ударно-дезинтеграторно-активаторная обработка, этиловый спирт, послеспиртовая барда

Application of low pentosan rye potable ethanol production

Diana S. Alimova	¹	alimova-diana@mail.ru
Nadezhda V. Barakova	¹	n.barakova@mail.ru
Vsevolod A. Romanov	¹	dyvom@notsharingmy.info
Evgenii A. Samodelkin	²	smdlkn@inbox.ru

¹ ITMO University, 9 Lomonosova str., St. Petersburg, 190002, Russia

² Central Research Institute of Structural Materials "Prometey", Shpalernaya str., 49, St. Petersburg, 191015, Russia

Summary. The study demonstrates new applications of Yantarnaya winter rye bred in N. I. Vavilov Horticultural Institute to potable ethanol production. This variety of rye is particularly low in water-soluble pentosans (0.5–0.8%; comparable to the usual 0.5–1.0% pentosan content in wheat). The object of the study was Yantarnaya winter rye containing 0.53% pentosans, while the control material was forage rye with 3.60% pentosans. After the two rye samples were crushed by a dezi-15 disintegrator with 5-row rotors, sieve analysis of the grist showed 97±2% through for forage rye and 95±2% through for Yantarnaya. The grist was mixed with water at a 1:3 ratio and infusion mashed without exogenous enzymes at 60°C for 2.5 hours during constant agitation. Throughout the process, mash samples were probed by a Visco Basic Plus viscosimeter fitted with the R2 spindle at a shear rate of 50 s⁻¹ and also had their extractivity uptake monitored. The cooked mashes were fermented with reactivated dry Thermosacc yeast (Lallemand), with supplemental nitrogen introduced as DistilaViteVM (Lallemand) additive, at 30°C for 62 hours. Quality criteria of distilled washes were assayed using a Kristall-2000M gas chromatograph, while the components of the DDG such as crude protein, fat, fibre, and ash were determined according to the applicable Russian standards. The experimental results demonstrate considerable applicability of Yantarnaya winter rye to potable ethanol production.

Keywords: Yantarnaya rye, low pentosans, impact activating disintegration, ethanol, DDG

Введение

Рожь является перспективным сырьем в технологии этилового спирта. В настоящее время зерно ржи является второй по важности после пшеницы продовольственной культурой.

Рожь характеризуется высокой зимостойкостью, меньшей требовательностью к условиям произрастания, чем другие культуры, легче переносит засуху, имеет лучший состав незаменимых аминокислот. Климатические условия нашей

Для цитирования

Алимова Д.С., Баракова Н.В., Романов В.А. Применение низкопентозановой ржи в технологии этилового спирта // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 248–253. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-248-253

For citation

Alimova D.S., Barakova N.V., Romanov V.A. Application of low pentosan rye potable ethanol production. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 248–253. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-248-253

страны позволяют выращивать данное сырье практически повсеместно [1]. Одной из особенностей ржи является содержание в ней в три раза большего количества водорастворимых пентозанов чем в других культурах [2], что в технологии этилового спирта влияет на степень ферментативного гидролиза и растворимость сухих веществ на стадии водно-тепловой обработки замеса [3].

Во ржи всего содержится 7-13% арабиноксианов [4], из которых 20-38% от общего составляют водорастворимые [5].

В ГНУВНИИР им. Н.И. Вавилова доктором биологических наук Кобылянским в. д. был разработан метод получения сортов ржи с низким содержанием водорастворимых пентозанов Янтарная, Ника 3, Вавиловская, Берегиня, Рушник и Енисейка 2 [6]. Полученные сорта ржи содержали водорастворимые пентозаны в количестве 0,5–0,8%, что сравнимо с содержанием пентозанов в пшенице – 0,5–1,0% [7].

Ранее в работах [6, 8] была показана эффективность применения сортов ржи с низким содержанием водорастворимых пентозанов в хлебопечении и производстве комбикормов.

Содержание пентозанов в зернах ржи, используемых в кормовых целях должно быть как можно меньше, а белка, наоборот, больше [9].

При замене 20% зерна пшеницы 20% ржи сорта Янтарная, с низким содержанием водорастворимых пентозанов, была отмечена экономия количества корма на 8,2% [6].

Исследования на применение новых сортов низкопентозановой ржи в технологии этилового спирта ранее не проводились.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования использовалась озимая рожь сорта Янтарная с содержанием пентозанов 0,53%, в качестве контрольного образца – фуражная рожь с содержанием пентозанов 3,6%. Количество водорастворимых пентозанов определяли по содержанию фурфурола колориметрическим методом [10]. Помолы зерна получали методом ударно-активаторно-дезинтеграторной обработки, проводимой на дезинтеграторе ДЕЗИ-15 (НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей»). Гранулометрический состав помолов определяли ситовым методом.

Из полученных помолов готовили замес с гидромодулем 1:3. Замес выдерживали при температуре 60°C в течение 2,5 часов. Каждые полчаса отбирали пробы сусла и определяли массовую долю сухих веществ на рефрактометре PTR 46 марки Index Instruments. По окончании

водно-тепловой обработки в полученных гидролизатах определяли коэффициент динамической вязкости на вискозиметре ViscoBasic PlusR с использованием шпинделя R2 при скорости сдвига 50 с⁻¹.

Полученное зерновое сусло охлаждали до температуры 30 °C и вносили сухие спиртовые дрожжи Thermosacc марки Lallemand Biofuels & Distilled Spirits в дозировке 1 г на 1 л сусла, предварительно реактивированные при температуре 35°C в течение 15 мин. Перед брожением в сусло вносили добавку для питания дрожжей DistilaViteVM марки Lallemand Biofuels & Distilled Spirits в качестве дополнительного азотистого питания в количестве 200 мг на 1 л сусла. Далее сусло ставили на брожение при температуре 30°C на 62 часа.

Готовую спиртовую бражку перегоняли с помощью вакуум-выпарной установки LabTechEV311. Полученные отгоны доводили до первоначального объема водой и определяли крепость и количество побочных продуктов брожения на газовом хроматографе Кристалл-2000М», с дозатором ДАЖ-2 М, колонкой HP-FFAP 0,32 мм×0,5 мкм. Газовая фаза – азот 99,999%(ос. ч.)

Показатели качества послеспиртовой барды – содержание сырого протеина, жира, клетчатки, золы – определялись методиками, предусмотренными соответствующими ГОСТ.

Результаты и обсуждения

Вязкость замеса – очень важный технологический показатель при производстве этилового спирта. При высокой вязкости замесов возникают трудности при механическом перемешивании замесов, при их транспортировке по трубопроводам и коммуникациям, снижается скорость и эффективность ферментативного гидролиза компонентов сырья. Вязкость замеса в значительной степени зависит от вида используемого сырья, состояния крахмала и наличия некрахмалистых компонентов, содержащихся в клеточных стенках зерна, таких как целлюлоза, пентозаны и β-глюканы. Особенно это необходимо учитывать при переработке такой культуры, как рожь [11].

В работе [12] было проведено исследование реологических характеристик замесов, полученных из ржи, измельченной на роторно-ножевом рабочем органе и замесов, полученных из зерна, обработанного на дезинтеграторе и было установлено, что УДА-обработка позволяет разрушить зерно ржи таким образом, что точка клейстеризации крахмала в ржаном замесе отсутствует, что и было в дальнейшем подтверждено экспериментами, проводимыми в рамках данной исследовательской работы.

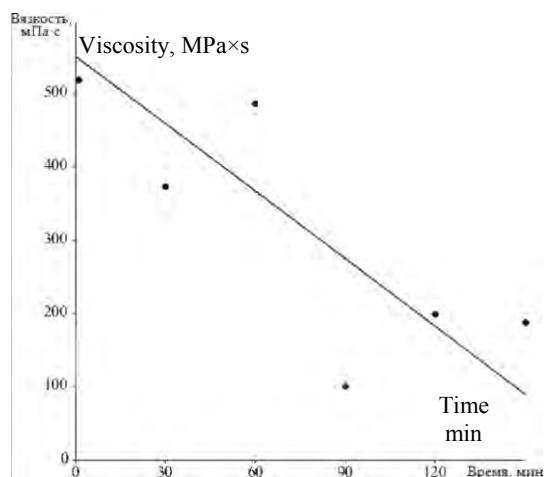


Рисунок 1. Изменение коэффициента динамической вязкости замесов из фуражной ржи

Figure 1. Changes in the dynamic viscosity coefficient of forage rye mash

На рисунках 1 и 2 представлены графики изменения коэффициента динамической вязкости ржаных замесов из фуражной ржи и низкопентозановой ржи сорта Янтарная, после обработки зерна на дезинтеграторе.

Из графиков, представленных на рисунках 1 и 2, следует, что начальное значение коэффициента динамической вязкости в замесе, приготовленном из ржи сорта Янтарная выше, и составляет порядка 1800 мПа·с, в то время как в замесе из фуражной ржи в начальный момент приготовления замеса коэффициент динамической вязкости составляет порядка 600 мПа·с. Более высокое значение коэффициента динамической вязкости объясняется тем, что количество мелких частиц в помоле, полученном при измельчении низкопентозановой ржи, выше, чем в помоле их фуражной ржи, что приводит к увеличению удельной поверхности помолов и как следствие увеличению вязкости замесов [13].

В процессе вто коэффициент динамической вязкости замесов, приготовленных из низкопентозановой ржи снижается без повышения вязкости замесов, что говорит о глубоком разрушении структуры низкопентозановой ржи, что и обуславливает в дальнейшем более высокий выход сухих веществ по окончании вто – 16%. Коэффициент динамической вязкости в замесах из фуражной ржи в процессе ведет себя нестабильно: то повышается, то снижается, что может быть следствием недостаточно полной разрушения структуры крахмальных гранул фуражной ржи. Известно, что более полное растворение крахмала в зерновых замесах происходит если крахмал уже прошел стадию клейстеризации [14]. И как следствие данного факта, количество растворимых веществ в гидролизате, полученном из фуражной ржи составил всего 15%.

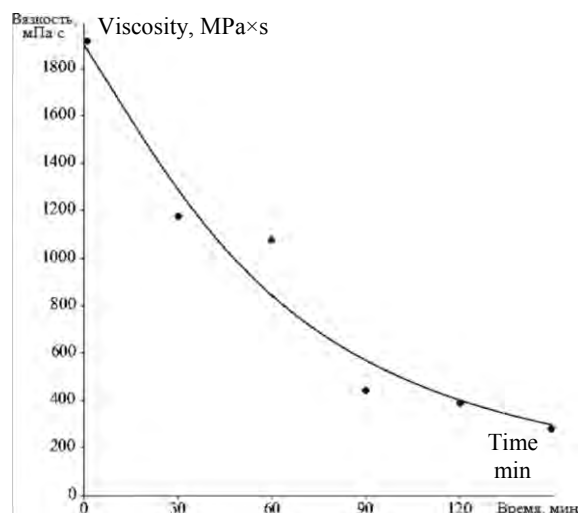


Рисунок 2. Изменение коэффициента динамической вязкости замесов из ржи сорта Янтарная

Figure 2. Changes in the dynamic viscosity coefficient of Yantarnaya rye mash

Из графика видно, что скорость накопления сухих веществ в гидролизате из помола низкопентозановой ржи сорта Янтарная выше, чем у фуражной, первые 30 мин, а затем снижается. Конечное количество сухих веществ в зерновом сусле полученном из ржи сорта Янтарная выше, чем фуражной, на 15,8%.

Образцы зернового сусли имели конечные показатели по сухим веществам и вязкости, представленные в таблице 1.

Также, в процессе водно-температурной обработки, каждые полчаса измеряли вязкость гидролизатов на вискозиметре Visco BasicPlus с использованием шпинделя г2 при скорости сдвига 50 с⁻¹.

Образцы зернового сусли имели конечные показатели по сухим веществам и вязкости, представленные в таблице 1.

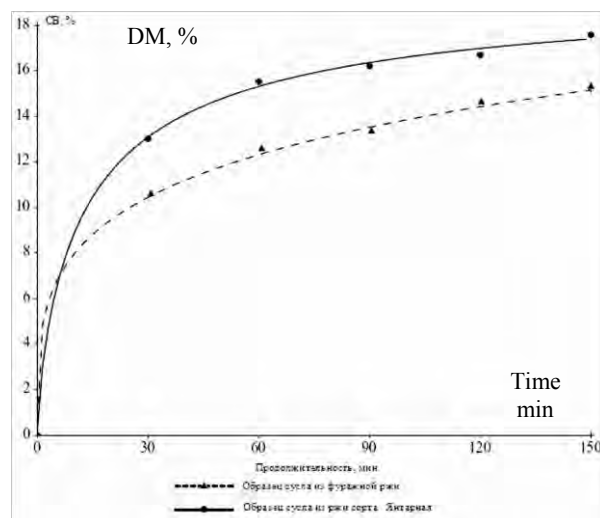


Рисунок 3. Нарастание сухих веществ

Figure 3. Accumulation of dry matter

Физико-химические показатели сусла

Table 1.

Physicochemical properties of cooked mash

Наименование показателя Name of indicator	Фуражная рожь Fodder Rye	Рожь сорта Янтарная Rye Amber
Осмоляльность, ммоль×кг ⁻¹ Osmolality, mmol×kg ⁻¹	596,0 ± 17,2	530,0 ± 33,8
Кислотность, мл 1 н NaOH Acidity, ml 1 nNaon	0,23 ± 0,02	0,15 ± 0,03
Вязкость, мПа×с Viscosity, MPa×s	123,0 ± 1,3	256,0 ± 2,5
Количество раств. угл., г×100 см ⁻³ The number of solution. angle., g×100 cm ⁻³	14,4 ± 1,5	15,4 ± 1,5
Сухие вещества, % Dry matter, %	15,2 ± 1,5	17,6 ± 1,6
Содержание аминного азота, мг×100 см ⁻³ Content of a-aminenitrogen, mg×100 cm ⁻³	11,95 ± 1,2	26,97 ± 1,7

Из таблицы видно, что в сусле, полученном из низкопентозановой ржи, содержится на 2,4% сухих веществ больше, чем в сусле, полученном из фуражной ржи, и в два раза больше аминного азота.

На следующем этапе проведения экспериментов необходимо было исследовать процесс сбраживания ржаного сусла, приготовленного из низкопентозановой ржи. Интенсивность брожения оценивали по выделению диоксида углерода, количество которого определяли весовым методом (рисунок 4).

Из рисунка 4 видно, что в образце с применением ржи сорта Янтарная потеря массы, связанная с выходом углекислоты, больше на 19,8%. Из данных графиков можно сделать вывод, что применением ржи сорта Янтарная хорошо влияет на процесс сбраживания спиртовыми дрожжами зернового сусла. После окончания брожения проводился анализ зрелой бражки. Результаты анализа представлены таблице 2.

В дистилляте, полученном из ржи Янтарная, содержится в 10 раз меньше уксусного альдегида, ухудшающего органолептику дистиллятов, чем в дистилляте из фуражной ржи. Метилловый

спирт в обоих дистиллятах находится в незначительных количествах, не влияющих на органолептику.

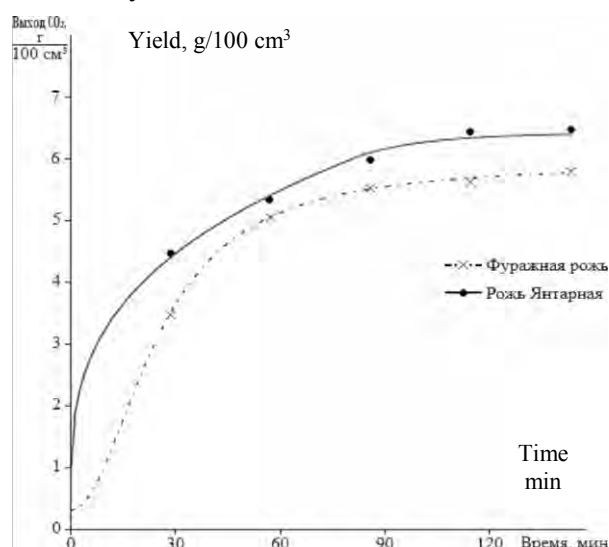


Рисунок 4. Выделение углекислоты в процессе брожения

Figure 4. Carbon dioxide emission during fermentation

Таблица 2.

Показатели дистиллятов

Table 2.

Parameters of distillates

Вид ржи Type of rye		Фуражная рожь Fodder Rye	Рожь сорта Янтарная Rye Amber
Наименование показателя Name of indicator	Единица измерения Unit		
Крепость Concentration	% об.	8,4 ± 0,1	8,8 ± 0,1
Сложные эфиры Esters			
Этилацетат Acetate	мг×дм ⁻³	89,8 ± 9,0	187,0 ± 28
Альдегиды Aldehydes			
Альдегид уксусный Aldehyde vinegar	мг×дм ⁻³	148,6 ± 14,9	14,5 ± 2,2
Высшие спирты Higher spirits			
1-Пропанол 1-Propanol	мг×дм ⁻³	702,0 ± 70,2	836,0 ± 125,0
2-Пропанол 2-Propanol		4,0 ± 0,4	203,0 ± 30,0
н-Бутанол butanol		8,6 ± 1,3	9,9 ± 1,5
Изобутанол Isobutanol		1782,9 ± 178,3	1383,0 ± 207,0
Изоамилол Isoamyl		1698,1 ± 169,8	3118,0 ± 468,0
Всего Total		6276,6 ± 878,7	5550,0 ± 642,4
Спирт метиловый Methyl alcohol			
	% об.	(1,1 ± 0,1) · 10 ⁻²	(0,79 ± 0,12) · 10 ⁻²

Важным продуктом спиртового производства является послеспиртовая барда, которая широко применяется в кормопроизводстве.

Послеспиртовая барда содержит протеин, клетчатку, жир, безазотистые экстрактивные

вещества и минеральные вещества, что придает барде самостоятельную кормовую ценность.

Полученную после брожения послеспиртовую барду исследовали на питательную ценность. Полученные данные представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Показатели послеспиртовой барды

Table 3.

Parameters of DDG

Показатели послеспиртовой барды Indicators DDG	Фуражная рожь Fodder Rye	Рожь сорта Янтарная RyeAmber
Кормовые единицы, к. ед./кг Feedunits, K. units / kg	0,14 ± 0,05	0,25 ± 0,05
Массовая доля сырого протеина, % на а.с.в. (натуральное вещество) Themassfractionofcrudeprotein, % onACB. (natural substance)	1,74 ± 0,10	2,6 ± 0,12
Массовая доля легкогидролизуемых углеводов, % (натуральное вещество) Mass fraction of easily hydrolyzed carbohydrates, % (natural substance)	2,44 ± 1,11	4,05 ± 1,52
Массовая доля сырого жира, % на а.с.в. (натуральное вещество) Mass fraction of crude fat, % onACB. (natural substance)	0,30 ± 0,77	0,43 ± 0,77
Массовая доля сырой клетчатки, % на а.с.в. (натуральное вещество) Mass fraction of crude fiber, % onACB. (natural substance)	0,49 ± 0,07	0,62 ± 0,07
Массовая доля сырой золы, % на а.с.в. (натуральное вещество) Mass fraction of crude ash, % onACB. (natural substance)	0,52 ± 0,95	0,54 ± 0,95

Из таблицы 3 видно, что наибольшим количеством кормовых единиц обладает послеспиртовая барда из ржи сорта Янтарная, в два раза превышая количество кормовых единиц в образцах из фуражной ржи.

Выводы

В настоящей работе показана эффективность применения нового сорта озимой ржи сорта Янтарная в технологии этилового спирта. Это доказано более высокими качественными показателями бражных дистиллятов и послеспиртовой барды по сравнению с показателями бражных дистиллятов и послеспиртовой барды,

полученных в результате переработки на спирт ржи озимой фуражной с более высоким содержанием пентозанов. Более высокая крепость бражных дистиллятов из ржи Янтарная говорит о том, что при переработке такого сорта ржи возможен более высокий выход спирта, а меньшее количество примесей дают предпосылки тому, что затраты на ректификацию спирта, полученного из ржи сорта Янтарная будут меньше. Более высокое содержание кормовых единиц в послеспиртовой барде, полученной при переработки ржи Янтарная, делают такую послеспиртовую барду на рынке более конкурентоспособной.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Абрамова И.М. Особенности переработки ржаного сырья, обеспечивающие производство спирта с высокими качественными показателями // Производство спирта и ликероводочных изделий. –2014. № 4. С. 8–10.
- 2 Karlsson R. Pentosans in rye // Sveriges Utsades foreningsTidskrift. 1988. P. 213–225.
- 3 Flamme W. et al. Developing rye germplasm for alternative uses: Quality assessment methods and progress from selection // Vortra egefuer Pflanzenzuechtung. 1996.
- 4 Henry R. J. Pentosan and (1→ 3),(1→ 4)-β-glucan concentrations in endosperm and wholegrain of wheat, barley, oats and rye //Journal of Cereal Science. 1987. V. 6. №. 3. P. 253-258.
- 5 Nilsson M. et al. Nutrient and lignan content, dough properties and baking performance of rye samples used in Scandinavia //Acta AgriculturaeScandinavica B—Plant Soil Sciences. 1997. V. 47. №. 1. P. 26-34.
- 6 Кобылянский В.Д., Солодухина О.В., Потапова Г.Н., Ткаченко И.В. и др. Изучение инновационной зернофуражной низкопентозановой озимой ржи // Пермский аграрный вестник. 2014, № 1(5). С. 10–14.
- 7 Исмагилов Р.Р., Ванюшина Т.Н., Аюпов Д.С. Пентозаны ржи. Уфа: БГАУ, 2006. 113 с.

- 8 Кобылянский В.Д., Солодухина О.В. Се- лекция зернофуражной озимой ржи // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 6. С. 31–34.

- 9 Miedaner T. et al. Genetic architecture of complex agronomic traits examined in two testcross populations of rye (*Secale cereale* L.) // BMC genomics. 2012. V. 13. №. 1. P. 706.

- 10 Петров К.П. Методы биохимии растительных продуктов. Киев: «Вища школа», 1978. 224 с.

- 11 Василенко З.В. Влияние видовых особенностей зерновых культур на выход и качество пищевого этилового спирта // Производство спирта и ликероводочных изделий. 2010. № 1. С. 26–29.

- 12 Сабиров А.А., Баракова Н.В., Самоделкин Е.А. Влияние ударно-активаторно-дизинтеграторной обработки на технологические параметры гидролизатов изо ржи // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2017. № 3(33). С. 43–52.

- 13 Маринченко В.А. Интенсификация спиртового производства. Киев: Техника, 1983. 128 с.

- 14 Яровенко В.Л. Технология спирта. М: Колос, 2002. 463 с

REFERENCES

- 1 Abramova I.M. Features of rye material processing for production of alcohol with high quality parameters. *Proizvodstvo spirta i likerovodochnykh izdelii* [Production of alcohol and alcoholic beverages] 2014. no. 4. pp. 8–10 (in Russian).
- 2 Karlsson R. Pentosans in rye. *Sveriges Utsades foreningsTidskrift*. 1988. pp. 213–225.
- 3 Flamme W. et al. Developing rye germplasm for alternative uses: Quality assessment methods and progress from selection. *Vortraege fuer Pflanzenzuechtung*. 1996.
- 4 Henry R. J. Pentosan and (1→3), (1→4)- β -glucan concentrations in endosperm and wholegrain of wheat, barley, oats and rye. *Journal of Cereal Science*. 1987. vol. 6. no. 3. pp. 253–258.
- 5 Nilsson M. et al. Nutrient and lignan content, dough properties and baking performance of rye samples used in Scandinavia. *Acta Agriculturae Scandinavica B—Plant Soil Sciences*. 1997. vol. 47. no. 1. pp. 26–34.
- 6 Kobylansky V.D., Solodukhina O.V., Potapova G.N., Tkachenko I.V. et al. The study of novel low pentosan fodder winter rye. *Permskii agrarnyi vestnik* [Perm Agrarian Bulletin] 2014. no. 1(5). pp. 10–14. (in Russian).
- 7 Ismagilov R.R. Pentozany rzhi [Pentosans of rye] Ufa, BSAU, 2006. 113 p. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Диана С. Алимова аспирант, кафедра пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 190002, Россия, alimova-diana@mail.ru

Надежда В. Баракова к.т.н., доцент, кафедра пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 190002, Россия, n.barakova@mail.ru

Всеволод А. Романов аспирант, кафедра пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 190002, Россия, dyvom@notsharingmy.info

Евгений А. Самodelкин ведущий инженер, Центральный научно-исследовательский институт конструкторских материалов «Прометей», ул. Шпалерная, 49, г. Санкт-Петербург, 191015, Россия, smdlkn@inbox.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Диана С. Алимова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчеты

Надежда В. Баракова консультация в ходе исследования

Всеволод А. Романов написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Евгений А. Самodelкин консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 29.06.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 10.08.2018

8 Kobylansky V.D., Solodukhina O.V. Selection of winter rye. *Dostizheniia nauki i tekhniki* [Achievements of science and technology of agriculture] 2012. no. 6. pp. 31–34 (in Russian).

9 Miedaner T. et al. Genetic architecture of complex agronomic traits examined in two testcross populations of rye (*Secale cereale* L.). *BMC genomics*. 2012. vol. 13. no. 1. pp. 706.

10 Petrov K.P. Methods for biochemistry of vegetable raw material products. Kiev, Vischashkola, 1978. 224 p. (in Russian).

11 Vasilenko Z.V. et al. Influence of specific features of grain crops on the yield and quality of food ethyl alcohol [Production of alcohol and alcoholic beverages] 2010. no. 1. pp. 26–29 (in Russian).

12 Sabirov A.A., Barakova N.V., Samodelkin E.A. The effect of impact activating disintegration on the technological parameters of rye hydrolysates [Scientific journal of ITMO University. Series: Processes and equipment for food production] 2017. no. 3(33). pp. 43–52 (in Russian).

13 Marynchenko V.A. Intensification of the potable ethanol industry. Kiev, Tekhnika, 1983. 128 p. (in Russian).

14 Yarovenko V.L. Production of potable ethanol. Moscow, Kolos, 2002. 463 p. (in Russian).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Diana S. Alimova graduate student, Department of food biotechnology (vegetable stock), ITMO University, 9 Lomonosova str., St. Petersburg, 191002, Russia, alimova-diana@mail.ru

Nadezhda V. Barakova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Department of food biotechnology (vegetable stock), ITMO University, 9 Lomonosova str., St. Petersburg, 191002, Russia, n.barakova@mail.ru

Vsevolod A. Romanov graduate student, Department of food biotechnology (vegetable stock), ITMO University, 9 Lomonosova str., St. Petersburg, 191002, Russia, dyvom@notsharingmy.info

Evgenii A. Samodelkin Head Engineer, Central Research Institute of Structural Materials “Prometey”, 49 Shpalernaya str., St. Petersburg, 191015, Russia, smdlkn@inbox.ru

CONTRIBUTION

Diana S. Alimova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Nadezhda V. Barakova consultation during the study

Vsevolod A. Romanov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Evgenii A. Samodelkin consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 6.29.2018

ACCEPTED 8.10.2018

Разработка технологии и исследования качества молочных консервов для регионов с ограниченными ресурсами натурального молочного сырья

Ирина А. Ивкова	¹	ivkovai55@mail.ru
Ольга В. Скрябина	¹	ov.skryabina@omgau.org
Дина С. Рябкова	¹	ds.ryabkova@omgau.org
Юлия А. Динер	¹	yua.gavrilova@omgau.org
Елена И. Петрова	¹	ei.petrova@omgau.org

¹ Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, Институтская пл., 1, Омск, Россия

Реферат. Актуальна разработка технологии сухих молокосодержащих консервов улучшенной пищевой ценности, длительными сроками годности для специализированного питания, в том числе Арктической зоны РФ. Хранимоспособность и пищевую ценность молочных консервов повышали путем замены нестойкого в хранении молочного жира на его заменители растительного происхождения, введению в состав продукта антиокислителя флавоноидного характера, использованию герметичной упаковки. Процесс сушки консервов осуществляли щадящими методом сублимации для сохранения всех нативных свойств продукта. При проведении исследований использовали стандартные и общепринятые методы. В разработанных продуктах определяли состав и энергетическую ценность, фракционный состав липидов, витаминный состав продуктов. На основании определения моно- и полиненасыщенных жирных кислот рассчитывали соотношение ω_6 и ω_3 жирных кислот и устанавливали соответствие состава разработанных продуктов формуле сбалансированного питания. Разработаны ресурсосберегающие технологии на новые виды сухих молокосодержащих консервов. Решены проблемы сезонности и дефицита натурального молочного сырья, снабжения молочными продуктами отдаленных районов страны. Кроме того удешевлена рецептура и снижена себестоимость сухих молокосодержащих консервов по сравнению с молочными, что имеет экономический эффект и практическую значимость. На основании проведенных исследований сделан вывод о целесообразности и необходимости использования растительных жиров, антиокислителей и синергистов в производстве молочных консервов с целью получения продукции высокой пищевой ценности и хранимоспособности. Получено требуемое соотношение ω_6 и ω_3 эссенциальных жирных кислот равно $5 \div 10:1$, что соответствует формуле сбалансированного питания. Высокое содержание жизненно важных веществ липидной и белковой природы, а так же витаминов позволяет отнести разработанные продукты к классу специализированного питания и использовать для регионов с ограниченными ресурсами натурального молочного сырья, в т. ч. Арктической зоны РФ.

Ключевые слова: сухие молокосодержащие консервы, пищевая ценность, антиокислители, технологические режимы

Development of technology and research of quality of canned milk for regions with limited resources of natural raw milk

Irina A. Ivkova	¹	ivkovai55@mail.ru
Olga V. Skryabina	¹	ov.skryabina@omgau.org
Dina S. Ryabkova	¹	ds.ryabkova@omgau.org
Yuliya A. Diner	¹	yua.gavrilova@omgau.org
Elena I. Petrova	¹	ei.petrova@omgau.org

¹ Omsk state agrarian University named after P.A. Stolypin, Institutskaya square, 1, Omsk, Russia

Summary. The development of dry milk-containing canned food technology with improved nutritional value, long shelf life for specialized nutrition, including the Arctic zone of the Russian Federation, is relevant. The storage capacity and nutritional value of canned milk was increased by replacing unstable in storage of milk fat with its substitutes of plant origin, the introduction of a flavonoid nature into the composition of the antioxidant product, the use of hermetic packaging. The drying process of canned food was carried out using the gentle method of sublimation to preserve all the native properties of the product. When conducting research used standard and generally accepted methods. In the developed products, the composition and energy value, the fractional composition of lipids, and the vitamin composition of the products were determined. Based on the determination of mono- and polyunsaturated fatty acids, the ratio of ω_6 and ω_3 of fatty acids was calculated and the composition of the developed products was determined to a balanced nutrition formula. Resource-saving technologies for new types of dry milk-containing canned food have been developed. problems of seasonality and shortage of natural milk raw materials, supply of dairy products in remote areas of the country have been solved. In addition, the formulation is cheaper and the cost of milk-based canned milk is reduced compared to dairy, which has an economic effect and practical significance. On the basis of the research conducted, it was concluded that it is advisable and necessary to use vegetable fats, antioxidants and synergists in the production of canned milk in order to produce products of high nutritional value and storage. The required ratio of ω_6 and ω_3 of essential fatty acids is equal to $5 \div 10:1$, which corresponds to the formula of a balanced diet. The high content of vital substances of lipid and protein nature, as well as vitamins, makes it possible to classify developed products to the class of specialized nutrition and use for regions with limited resources of natural milk raw materials, including the Arctic zone of the Russian Federation.

Keywords: dry milk-containing canned food, nutritional value, antioxidants, technological regimes

Для цитирования

Ивкова И.А., Скрябина О.В., Рябкова Д.С., Динер Ю.А., Петрова Е.И. Разработка технологии и исследования качества молочных консервов для регионов с ограниченными ресурсами натурального молочного сырья // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 254–258. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-254-258

For citation

Ivkova I.A., Skryabina O.V., Ryabkova D.S., Diner Yu.A., Petrova E.I. Development of technology and research of quality of canned milk for regions with limited resources of natural raw milk. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 254–258. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-254-258

Введение

В соответствии с задачами по освоению отдаленных районов страны, в т.ч. Арктической зоны Российской Федерации перед специалистами пищевых отраслей, в которые входит молочная отрасль, стоит задача по разработке новых видов молокосодержащих консервов, которые не уступали бы по своим качествам натуральным молочным продуктам [9]. Данные продукты должны иметь повышенную пищевую ценность, длительный срок годности, функциональные свойства и хорошую транспортабельность [1, 6, 7].

Актуальность данной темы заключается в необходимости разработки и внедрения инновационных технологий, позволяющих в значительной степени расширить производство продуктов питания с заданными качественными характеристиками [2, 8].

Консервированием молочного сырья можно решить множество задач: обеспечить население молочными продуктами, которые не могут его получить по климатическим, географическим и другим причинам, исключить зависимость от сезонности производства, снабдить специализированной продукцией спецконтингент, находящийся в экстремальных условиях существования и районах с отсутствием молока-сырья [10], [11].

Цель работы – проектирование сухих молокосодержащих продуктов повышенной пищевой ценности и хранимостепоспособности, используемых для питания в экстремальных условиях.

Доказано, что чрезмерное потребление жиров отрицательно влияет на содержание холестерина в организме человека [3].

Вследствие чего в процессе создания новых молочных продуктов, актуальным является замена части жира животного происхождения на растительные жиры. Растительные жиры являются источником фосфолипидов, каротиноидов, выполняющих функции провитаминов и антиоксидантов [4].

В последнее время в Российской Федерации замечен высокий рост производства растительных жиров, в т.ч. заменителей молочного жира (ЗМЖ). Использование ЗМЖ расширяет ассортимент и позволяет выпускать продукты со сбалансированным жирнокислотным составом и новыми свойствами [3, 9].

Использование растительных жиров в рецептуры молочной продукции повышает не только их биологическую ценность, но и способствует замедлению процессов окисления молочного жира.

ЗМЖ имеют следующие отличительные особенности: вырабатываются в соответствии с новыми экологически чистыми и безопасными технологиями, имеют повышенную стойкость к окислению [3].

Материалы и методы

При разработке новых технологий сухих молокосодержащих консервов, повышенной пищевой ценности, стойких в процессе длительного хранения в технологическом процессе производства включена операция эмульгирования растительно-молочной смеси с применением ЗМЖ «Эколакт». По результатам комплексного исследования по подбору заменителя молочного жира для получения приемлемой замены молочному жиру являются рекомендации по совместному использованию животного жира и заменителя молочного жира «Эколакт», что позволяло получить соотношение $\omega_6:\omega_3$ как 7,0:1,0 [2].

На основании исследований органолептических показателей молочно-растительной смеси в рецептуру по производству сухих молокосодержащих консервов предложен заменитель молочного жира «Эколакт» в соотношении 1:1 к животному жиру. Состав растительного жира «Эколакт» к тому же содержит белковую добавку, которая способствует созданию эффективной эмульсии молочно-растительной смеси.

С целью повышения стойкости жировой фазы при хранении в молочно-растительную смесь перед сушкой добавляли антиокислитель флавоноидного характера дигидрокверцетин (ДКВ) в композиции с синергистом витамином С.

Количество антиокислителя рассчитывалось по следующей формуле:

$$K = \frac{Ж \times M \times O}{100 \times 100}, \quad (1)$$

где K – количество антиокислителя, кг; $Ж$ – массовая доля жира %; M – масса молочной смеси, кг; O – отношение количества антиокислителя к массе жира в смеси %.

Расчетное количество ДКВ к массе жира в смеси равно 0,2 %; витамина С 0,2%.

Рассчитанная масса ДКВ растворяется в концентрированном этиловом спирте температурой $(60 \pm 2)^\circ\text{C}$. Объем спирта к массе дигидрокверцетина 10:1. Аскорбиновую кислоту растворяют в дистиллированной воде при соотношении 20:1. Антиокислители добавляются в смесь маленькими партиями.

В производстве используется сублимационная сушка как наиболее щадящая и сохраняющая все нативные свойства продукта. Упаковка консервов производится в вакуумированные пакеты из металлизированной пленки по (155 ± 3) г.

Растворение сухого продукта осуществляется питьевой водой с температурой 50–55 °C в течение 25 мин; соотношение воды и продукта 2:1.

Результаты и обсуждение

Качество пищевого продукта характеризуется его пищевой ценностью, которая в свою очередь характеризуется способностью продукта удовлетворить потребности организма питательными веществами.

Показатели, характеризующие пищевую ценность, разработанных продуктов представлены в таблице 1.

Состав липидов новых видов сухих молочных консервов представлен их фракциями в таблице 2.

Таблица 1.

Пищевая ценность

Table 1.

Nutritional value

Содержание Content	Сухие молочные молокосодержащий консервы Milk-containing dry canned milk						
	высокожирные сливки high fat cream	высокожирный молокосодержащий продукт high fat milk containing product	Молокосодержащий продукт milk-containing product	Сметанный продукт sour cream product	Творожный продукт curd product	Йогуртовый продукт Yoghurt product	Кисломолочный продукт Fermented milk product
Жир, % Fat, %	75,5	75,5	25,5	60,5	30,5	18,5	18,0
Белок, % Protein, %	8,3	6,6	26,7	20,2	50,5	18,3	17,5
Углеводы, % Carbohydrates, %	10,5	14,6	38,8	10,5	10,3	55,5	57,3
Минеральные вещества, % Mineral substance, %	2,8	2,5	7,9	5,8	6,3	5,5	6,6
Энергетическая ценность, КДж/ккал Energy value, KJ/kcal	3139 751	3165 756	2135 521	3152 535	2081 511	621 153	737 131

Таблица 2.

Фракционный состав сухих молокосодержащих консервов

Table 2.

Fractional composition of dry milk-containing canned food

Фракционный состав Fractional composition	Содержание % от общей суммы жирных кислот в сухих молочных продуктах Content % of the total amount of fatty acids in dry milk products			
	высокожирный продукт high fat product	сметанный продукт sour cream product	молокосодержащий продукт milk-containing product	сбалансированный жир balanced fat
Насыщенные кислоты Saturated acids	64,29	53,92	42,98	30,0
Ненасыщенные кислоты в т.ч.: Unsaturated fatty acids including:	35,74	46,08	57,05	70,0
- мононенасыщенные (monounsaturated)	25,65	34,05	36,09	60,0
- полиненасыщенные (polyunsaturated)	10,12	12,07	20,96	10,0
Соотношение ω -6: ω -3 The ratio of ω 6: ω 3	8:1	5:2	8:1	5÷10:1

Результаты исследований, представленные в таблицах, свидетельствуют что добавление в продукты растительных жиров увеличивает содержание ненасыщенных жирных кислот в сухих молокосодержащих консервах, в частности полиненасыщенных и уменьшает количество насыщенных, что повышает пищевую

ценность новых продуктов и позволяет получить требуемое соотношение $\omega_6:\omega_3 = 5\div 10:1$.

Витаминный состав разрабатываемых продуктов представлен в таблице 3, из которой видно, что молокосодержащие консервы имеют достаточно высокое содержание жирорастворимых витаминов, а так же витамина С [5].

Витаминный состав сухих молочных молокосодержащих продуктов

Table 3.

Vitamin composition of dry canned milk based

Наименование продукта Name of produce	Витамины, мг/100 г. Vitamins, mg/100 g.			
	Витамин А Vitamin A	Витамин Д Vitamin D	Витамин Е Vitamin E	Витамин С ascorbic acid
Сухие высокожирные сливки Dry high-fat cream	1,21±0,11	0,061±0,002	4,31±0,12	18,22±0,61
Сухой высокожирный молокосодержащий продукт Dry high fat milk-containing product	2,43±0,10	0,122±0,002	5,53±0,12	18,05±0,62
Сухая сметана Dry sour cream	0,905±0,102	0,022±0,001	4,22±0,11	10,22±0,61
Сухой сметанный продукт Dry sour cream product	1,101±0,101	0,021±0,001	4,42±0,13	16,03±0,71
Сухое цельное молоко Whole milk powder	0,195±0,042	0,684±0,022	0,462±0,008	5,36±0,71
Сухой молокосодержащий продукт Dry milk-containing product	0,237±0,041	0,795±0,021	0,572±0,008	9,17±0,61
Сухой творог Dry cottage cheese	0,011±0,021	0,39±0,008	0,282±0,070	0,32±0,02
Сухой творожный продукт Dry curd product	0,221±0,002	0,39±0,008	0,211±0,002	6,43±0,71
Сухой йогурт Dry yogurt	0,011±0,008	0,261±0,008	0,181±0,022	0,41±0,01
Сухой йогуртный продукт Dry yogurt product	0,142±0,006	0,679±0,003	0,453±0,132	3,62±0,61

Заключение

В результате проведенных исследований делается следующее заключение:

— замена животных жиров растительными, богатыми незаменимыми жирными кислотами, применение антиокислителей с Р-витаминной активностью, синергиста аскорбиновой кислоты в значительной степени повышает пищевую ценность сухих молочных консервов;

— использование растительных жиров увеличивает содержание ненасыщенных жирных кислот, в частности полиненасыщенных и снижает количество насыщенных;

ЛИТЕРАТУРА

1 Ивкова И.А., Бессонова О.В., Рябкова Д.С. Актуальные проблемы современного питания // Товаровед продовольственных товаров. 2016. № 3. С. 29–32.

2 Ивкова И.А., Пиляева А.С. Методология корректировки жирнокислотного состава жировых основ сухих молочных консервов // Товаровед продовольственных товаров. 2016. № 6. С. 14–16.

3 Жиры специального назначения SDS: инновационный подход к повышению качества и безопасности масложировой продукции // Молочная промышленность. 2010. № 6. С. 56–57.

4 Нечаев А.П. Технология создания жировых продуктов XXI века // Масложировая промышленность. 2010. № 3. С. 18–19.

5 Методические рекомендации МР 2.3.1.1915-04. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологических активных веществ. М.: Минздрав России, 2004.

6 Нестерова А.В. Лечебное питание при сердечно-сосудистых заболеваниях. М.: Изд-во Вече, 2005. 124 с.

7 Программа освоения Арктики «Об утверждении государственной программы РФ «Социально-экономическое развитие Арктической зоны РФ на период до 2020 г.». Постановление правительства РФ №366 от 21.04.14 г.

— разрабатываемые продукты по составу хорошо коррелируют формуле сбалансированного питания, имея соотношения $\omega_6:\omega_3=5\div10:1$ [5].

Разработка новых видов сухих молокосодержащих консервов расширит ассортимент специализированных продуктов с повышенной пищевой ценностью и увеличенными сроками годности, сбалансированного содержания веществ липидной и белковой природы, витаминов в соответствии с требованиями здорового питания, для регионов с ограниченными ресурсами натурального молочного сырья в т.ч., Арктической зоны РФ.

8 Спиричев Б.В. Обогащение пищевых продуктов микронутриентами - надежный путь коррекции питания и здоровья // Современные приоритеты питания, пищевой промышленности и торговли: сб. науч. тр. Кемерово, 2006. С. 76-78.

9 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/213). Принят 9.10.2013 г. № 67.

10 Mc Cance, Widdowson's The Composition of Foods // Sixth summary edition. Food Standards Agency.- Cambridge: Royal Society of Chemistry. 2002. 450 p.

11 Gemili S. Development of antioxidant food packaging materials with controlled release properties // J. Food Eng. 2010. № 3. P. 325-332.

REFERENCES

1 Ivkova I.A., Bessonova O.V., Ryabkova D.S. Actual problems of modern nutrition. *Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov* [Commodity goods expert] 2016. no.3. pp. 29–32. (in Russian)

2 Ivkova I.A. Methodology of correction of fatty acid composition of fat bases of dry dairy canned food *Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov* [Commodity goods expert] 2016. – № 6. 14–16. (in Russian)

3 Special Purpose Fats SDS: An Innovative Approach to Improving the Quality and Safety of Fat and Oil Products. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy Industry] 2010. no. 6. pp. 56–57. (in Russian)

4 Nechaev A.P. Technology of creation of fatty products of the XXI century. *Mslozhirrovaya promyshlennost'* [Oil and fat industry] 2010. no. 3. pp. 18–19. (in Russian)

5 Metodicheskie rekomendatsii MP 2.3.1.1915-04 Rekomenduemye urovni potrebleniia pishchevykh i biologicheskikh aktivnykh veshchestv [Methodical recommendations MP 2.3.1.1915-04. Recommended levels of consumption of food and biological active substances] Moscow, Minzdrav, 2005. 124 p. (in Russian)

6 Nesterova A.V. Lechebnoe pitanie pri serdechno-sosudistyykh zabolevaniyakh [Medical nutrition in cardiovascular diseases] Moscoow, Veche. 2005. 124 p. (in Russian)

7 Programma osvoeniia Arktiki Ob utverzhdenii gosudarstvennoi programmy RF Sotsialno- ekonomicheskoe razvitie Arkticheskoi zony RF na period do 2020 g Postanovlenie pravitelstva RF 366 ot 21 04 14 g [Program for the Development of the Arctic "On Approval of the State Program of the Russian Federation" Social and Economic Development of the Arctic Zone of the Russian Federation for the Period up to 2020".

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ирина А. Ивкова д.т.н., профессор, кафедра товароведения стандартизации и управления качеством, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Институтская пл., 1, Омск, Россия, ivkovai55@mail.ru

Ольга В. Скрябина к.т.н., доцент, кафедра товароведения стандартизации и управления качеством, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Институтская пл., 1, Омск, Россия, ov.skryabina@omgau.org

Дина С. Рябкова к.т.н., доцент, кафедра товароведения стандартизации и управления качеством, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Институтская пл., 1, Омск, Россия, ds.ryabkova@omgau.org

Юлия А. Динер к.т.н., доцент, кафедра товароведения стандартизации и управления качеством, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Институтская пл., 1, Омск, Россия, yua.gavrilova@omgau.org

Елена И. Петрова к.т.н., доцент, кафедра товароведения стандартизации и управления качеством, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Институтская пл., 1, Омск, 644008, Россия, ei.petrova@omgau.org

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 14.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 12.06.2018

Resolution of the Government of the Russian Federation No. 366 dated 04.04.14] Moscow. (in Russian)

8 Spirichev B.V. Food fortification with micronutrients - a reliable way to correct nutrition and health. *Sovremennye priority pitaniia pishchevoi promyshlennosti i trgovli* [Modern priorities of nutrition, food industry and trade] Kemerovo, 2006, pp. 76-78. (in Russian)

9 Tekhnicheskii reglament Tamozhennogo soiuz O bezopasnosti moloka i molochnoi produktsii [Technical Regulations of the Customs Union "On the safety of milk and dairy products" (TP TC 033/213). Adopted on October 9, 2013, No. 67] (in Russian)

10 McCance, Widdowsons. The Composition of Foods: Sixth summary edition. Food Standards Agency.- Cambridge: Royal Society of Chemistry. 2002. 450 p.

11 Gemili S. Development of antioxidant food packaging materials with controlled release properties. *J. Food Eng.* 210. no. 3. pp. 325-332.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Irina A. Ivkova Dr. Sci. (Engin.), professor, Commodity standardization and quality management department, Omsk state agrarian University named after P.A. Stolypin, Institutskaya square, 1, Omsk, Russia, ivkovai55@mail.ru

Olga V. Skryabina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Commodity standardization and quality management department, Omsk state agrarian University named after P.A. Stolypin, Institutskaya square, 1, Omsk, Russia, ov.skryabina@omgau.org

Dina S. Ryabkova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Commodity standardization and quality management department, Omsk state agrarian University named after P.A. Stolypin, Institutskaya square, 1, Omsk, Russia, ds.ryabkova@omgau.org

Yuliya A. Diner Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Commodity standardization and quality management department, Omsk state agrarian University named after P.A. Stolypin, Institutskaya square, 1, Omsk, Russia, yua.gavrilova@omgau.org

Elena I. Petrova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, department of commodity standardization and quality management, Omsk state agrarian university named after P.A. Stolypin, Institutskaya square, 1, Omsk, 644008, Russia, ei.petrova@omgau.org

CONTRIBUTION

All authors are equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.14.2018

ACCEPTED 6.12.2018

Современные технологии использования табачных отходов

Алла Г. Миргородская	¹	mirgorodskaya_alla@mail.ru
Марина В. Шкидюк	¹	tabak.technolog@rambler.ru
Наталья Н. Матюхина	¹	tabak.technolog@rambler.ru
Тамара А. Дон	¹	tabak.technolog@rambler.ru

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, ул. Московская, 42, г. Краснодар, 350072, Россия

Реферат. Проблема утилизации или вторичного использования отходов сигаретного производства является актуальной для табачной промышленности. Наиболее экономически целесообразным является использование отходов сигаретного производства (табачная мелочь) без дополнительной обработки для изготовления табачных изделий: некурительных табаков и табака для кальяна. Проведен мониторинг изменения влажности и фракционного состава отделяемого резаного табака от штранга/брака сигарет (табачной мелочи), продолжительность хранения которого, приводит к значительному увеличению количества мелочи и пыли. Проведены исследования по установлению возможности использования табачной мелочи для изготовления нюхательного табака и кальянных смесей – табачных изделий, которые воспринимаются потребителями как менее опасная альтернатива традиционным сигаретам. Проведена оценка химического состава табачного сырья американского типа и табачной мелочи. Содержание никотина колеблется от 0,9 до 2,4%, углеводов – от 5,6 до 9,6%. Изготовлены опытные образцы кальянной смеси, проведена органолептическая и дегустационная оценка. Установлено, что использование табачной мелочи при изготовлении кальянных смесей возможно и целесообразно, т. к. качество продукции, изготовленной из листового табака и отходов резаного табака аналогично. Для установления возможности использования табачной мелочи, образующейся при производстве сигарет, в изготовлении нюхательного табака были изготовлены опытные образцы. Потребительские свойства нюхательного табака оценивали по 100-балльной системе на основе дегустационной оценки. Технология изготовления нюхательного табака на основе табачной мелочи, позволяет получить продукт высокого качества, сократить процесс производства, исключая дополнительные операции по подбору табачного сырья и его измельчению, что приводит к снижению себестоимости конечного продукта. Полученные данные по использованию табачной мелочи для изготовления кальянной смеси и нюхательного табака, доказывают оптимальность решения вопроса вторичного использования табачных отходов.

Ключевые слова: табачные отходы, табак для кальяна, нюхательный табак, табачная мелочь, пыль, дегустационная оценка, аэрозоль, никотин, монооксид углерода

Modern technologies for utilizing tobacco wastes

Alla G. Mirgorodskaya	¹	mirgorodskaya_alla@mail.ru
Marina V. Shkidyuk	¹	tabak.technolog@rambler.ru
Natal'ya N. Matyukhina	¹	tabak.technolog@rambler.ru
Tamara A. Don	¹	tabak.technolog@rambler.ru

¹ All-Russian research Institute of tobacco, makhorka and tobacco products, Moskovskaya St., 42, Krasnodar, 350072, Russia

Abstract. The problem of utilization or recycling industrial tobacco wastes is an important problem for tobacco industry. Economically preferable way for utilizing industrial tobacco wastes (tobacco scrap) is production smokeless products and hookah blends as wastes are utilized without special treatment. Monitoring of humidity and fractional composition of cut tobacco taken from tobacco rod/cigarette spoilage (tobacco scrap) is carried. Its long-term storage leads to increasing scrap and dust quantity. Researches on utilizing tobacco scrap for sniff and hookah blend production, which are considered to be less harmful compared to cigarettes, were carried. Chemical composition of American type tobacco and scrap was defined. Nicotine content varies from 0.9 to 2.4% and carbohydrates content – from 5.6 to 9.6%. Experimental samples of hookah blend were produced and their organoleptic and taste evaluation were carried. It was found that utilization of tobacco scrap is economically efficient for hookah blend production, as quality of final product made of leaf tobacco and tobacco scrap is similar. Experimental samples of sniff tobacco were produced in order to discover possibility of utilization industrial tobacco scrap for manufacturing this product. Consumer's properties of sniff tobacco were evaluated by 100 points tasting protocol. This technology for sniff tobacco production from tobacco scrap allows manufacturing product of good quality, decreasing technological operations, rejecting stages of tobacco selection and its cutting and as the result decreasing cost of final product. The results of the research on utilizing tobacco scrap for hookah blend and sniff tobacco production proves optimality of recycling the tobacco wastes.

Keywords: waste tobacco production, tobacco fines, veins, tobacco dust, consumer and tobacco, snuff, tobacco for Shisha, process, fractional composition, taste evaluation, sensory evaluation

Для цитирования

Миргородская А.Г., Шкидюк М.В., Матюхина Н.Н., Дон Т.А. Современные технологии использования табачных отходов // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 259–264. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-259-264

For citation

Mirgorodskaya A.G., Shkidyuk M.V., Matyukhina N.N., Don T.A. Modern technologies for utilizing tobacco wastes. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 259–264. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-259-264

Введение

Инновационные решения при производстве конкурентноспособного табачного продукта подчинены поиску методов, гарантирующих безопасность и качество продукции при снижении себестоимости изготовления.

Технологический процесс изготовления курительной продукции сопровождается образованием отходов сырья, количество которых зависит от множества факторов: эксплуатируемого оборудования, применяемых технологий, качества сырья, квалификации обслуживающего персонала и т. п.

Основную долю (свыше 80%) в структуре отходов табачной промышленности занимает невозвратные отходы – табачная пыль, образующаяся при производстве курительных изделий. Применение табачной пыли в качестве удобрения сельскохозяйственных растений показывает хорошие результаты, вследствие содержания в ее составе ряда ценных элементов: азота 2–5%, фосфора 1%, калия 1–3%. Значительная часть соединений азота представлена легкодоступными соединениями, что положительно сказывается на питании растений [1]. Однако, согласно экологическим требованиям, не допускается использование табачной пыли в неизменном виде, вследствие ее токсичности. Технология утилизации табачной пыли в качестве удобрения предполагает ее детоксикацию, что значительно повышает стоимость удобрения [2].

Основные возвратные отходы сигаретного производства:

- брак сигарет и сигаретного штранга;
- срезы жилок и табачная мелочь.

Отходы табачного сырья при производстве сигарет (мелочь, жилка) имеют примерно одинаковый химический состав, однако, различаются по размеру фракций, и, следовательно, возможности их использования.

Проблема утилизации или вторичного использования отходов на протяжении многих лет остается актуальной для табачной промышленности.

Материалы и методы

Объектами для исследований служили: табачное сырьё сортотипа Вирджиния и Берлей, мелочь от брака сигарет/штранга при производстве табачных изделий, табак для кальяна, нюхательный табак.

Для проведения исследований использовались стандартные методы, принятые в табачной

промышленности. Оценку табачных продуктов проводили с помощью разработанных в ФГБНУ ВНИИТТИ методик дегустационной оценки нюхательного табака и табака для кальяна [3].

Для исследований кальянных смесей использовали кальяны MagixShishaSince 2008 Professional, со стальной шахтой длиной 690 мм, диаметром 12 мм, колбой из ударопрочного стекла объемом 1000 мл и силиконовым шлангом. Для обеспечения требуемых условий нагрева кальянной смеси применялись чаша фанел с калаудом и натуральный кокосовый уголь Crown (Индонезия).

Задачи исследований:

— оценка химического состава табаков американского типа (Берлей, Вирджиния) и отделяемого резаного табака от брака сигарет/штранга, используемых для изготовления кальянных смесей и нюхательного табака;

— изготовление на основе отобранного табачного сырья опытных образцов потребительских табаков (табак для кальяна и нюхательный табак);

— органолептическая и дегустационная оценка опытных образцов потребительских табаков.

Результаты и обсуждение

Наиболее экономически целесообразным является использование отходов сигаретного производства (табачная мелочь) без дополнительной обработки для изготовления табачных изделий: некурительных табаков и табака для кальяна.

На современном производстве брак продукции (сигареты/штранг) перерабатывают на специальном оборудовании, имеющем небольшие размеры (габариты 800×800×1800, вес – 180кг) – бракобойке/бракорезке, производительностью до 300кг/ч. В бракобойке/бракорезке, табачное сырьё отделяется от сигаретной бумаги и частично возвращается в производство.

Процесс переработки сигарет/штранга на бракобойке длительный, следовательно, отделяемый резаный табак измельчается и быстро теряет влагу. Определение фракционного состава отделяемого резаного табака после бракобойки/бракорезки проводили на фракционном JEL-200/8 (Borgwaldt) при относительной влажности окружающего воздуха $65 \pm 5\%$ и температуре $22 \pm 1^\circ\text{C}$.

Результаты исследований по мониторингу изменения влажности и фракционного состава отделяемого резаного табака от штранга/брак сигарет, представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Влажность и фракционный состав отделяемого резаного табака от брака сигарет/штранга

Table 1.

Moisture content and fractional composition of the detachable cut tobacco from reject cigarettes/strange

Продолжительность хранения, час Duration of storage, Hour	Влажность, % Humidity, %	Фракционный состав, % Fractional composition, %		
		Волокно Fiber	Табачная мелочь Tobacco change	Пыль Dust
0	13,2	45,7	52,1	2,2
24	12,6	42,4	54,9	2,7
48	11,0	38,6	57,9	3,5
72	9,8	23,2	62,0	6,8

Продолжительное хранение резаного табака, отделяемого от брака сигарет/штранга, приводит к значительному увеличению количества мелочи и пыли, дальнейшее использование которых в производстве курительных изделий экономически нецелесообразно в связи с низкими технологическими свойствами.

В лаборатории производства табачных изделий ФГБНУ ВНИИТТИ были проведены исследования по установлению возможности использования отделяемого табака от брака сигарет/штранга с использованием бракобойки, для изготовления нюхательного табака и кальянных смесей – табачных изделий, которые воспринимаются потребителями как менее опасная альтернатива традиционным сигаретам.

Табачная мелочь – мелкая фракция резаного табака, смешанная с пылью и утратившая технологические свойства, образуется на сигаретных машинах, сигаретоупаковочных машинах и при переработке брака сигаретного штранга. Табачная мелочь представляет собой смесь мелких кусочков резаного табака (от 1 до 2 мм) хорошего качества без посторонних примесей.

Использование табачной мелочи при изготовлении табака для кальяна

В соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза «Технический регламент на табачную продукцию» ТР ТС 035/2014, «табак для кальяна» – вид курительного табачного изделия, предназначенного для курения с использованием кальяна и состоящего из смеси резаного или рваного сырья с добавлением или без добавления ингредиентов.

Табак для кальяна представляет собой сложный состав, включающий в себя табачное сырье, глицерин, пропиленгликоль, углеводсодержащие вещества и ароматизаторы. Традиционно табак для кальяна изготавливают из табачного сырья американского типа (Вирджиния, Берлей) с высокопористой структурой листа [4].

Для изготовления образцов был использован листовой табак Берлей, выращенный на опытном селекционном поле ФГБНУ ВНИИТТИ (контроль) и обеспыленный табак из брака сигарет/штранга (опыт 1, 2) – смесь мелкой фракции резаного табака размером от 1 до 2 мм, без посторонних примесей.

В таблице 2 приведен химический состав табачного сырья (Берлей) и табачной мелочи, образовавшейся при производстве сигарет различных наименований, используемых для изготовления опытных образцов кальянной смеси. Листовое табачное сырье Берлей предварительно обезжирили, т. е. крупная главная жилка была удалена.

Таблица 2.

Химический состав табачного сырья, используемого для изготовления кальянных смесей

Table 2.

The chemical composition of tobacco raw materials used for the manufacture of hookah mixtures

Образец Sample	Никотин, % Nicotine, %	Углеводы, % Carbohydrates, %	Белки, % Proteins, %	Хлор, % Chlorine, %
Берлей (контроль) Burley (control)	2,4	5,6	9,8	0,12
№ 1	1,1	7,8	6,9	0,13
№ 2	0,9	9,6	5,5	0,06

Содержание никотина в исследуемом табачном сырье колеблется от 0,9 до 2,4%, углеводов – от 5,6 до 9,6%.

Для дальнейших исследований изготовлены опытные образцы кальянной смеси на основе отобранного табачного сырья Берлей и табака после бракобойки (табачной мелочи) по «Методике изготовления табака для кальяна» (2016 г.), разработанной в лаборатории технологии производства табачных изделий ФГБНУ ВНИИТТИ [5].

Технологии изготовления кальянной смеси предполагает следующие виды операций: увлажнение сырья до влажности 16–18%, резание либо трепание табачных листьев на волокно шириной 2–3 мм либо на обрывки листьев, смешивание, соусирование и ароматизация, отлежка при постоянном перемешивании. Состав соуса опытных образцов одинаков: 60% глицерина, 40% инвертного сахарного сиропа [6–10].

Органолептическая оценка опытных образцов смеси для кальяна проводилась по показателям: консистенция и цвет смеси. Дегустационная оценка проводилась по 100-балльной методике, разработанной в ФГБНУ ВНИИТТИ. Длительность курительной сессии составляла 60 мин.

Результаты органолептической и дегустационной оценки опытных образцов кальянной смеси представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Органолептическая и дегустационная оценка образцов кальянных смесей

Table 3.

Tasting and organoleptic evaluation of samples of hookah blends

Сырье Raw materials	Органолептическая оценка Organoleptic Evaluation		Дегустационная оценка Tasting evaluation		
	Консистенция Consistency	Цвет Color	Вкус Taste	Аромат Fragrance	Общий балл Total Score
Берлей Burley	Пастообразная масса Pasty Mass	Коричневый с оттенками Brown With shades	нейтральный, обкладка, щипание neutral, pinching	слабый табачный Weak tobacco	77,2
№ 1	Густая пастообразная масса ThickpastyMass	Темно-коричневый Dark brown	нейтральный, щипание neutral, pinching	табачный Tobacco	78,4
№ 2	Густая пастообразная масса ThickpastyMass	Темно-коричневый Dark brown	нейтральный, слабое щипание neutral, weak pinching	табачный Tobacco	80,2

Органолептическая оценка опытных образцов показала практически полную идентичность их консистенции, при этом, цвет образцов на основе табачной мелочи после бракобойки (опыт № 1 и № 2) слегка отличался от образца на основе Берлея (более темный, без оттенков). Кроме того, изготовление табака для кальяна на основе табачной мелочи, позволяет получить продукт с высокой дегустационной оценкой.

Следовательно, вторичное использование отделяемого табака после бракобойки при изготовлении кальянных смесей возможно и целесообразно, т. к. качество продукции, изготовленной из листового табака и отходов резаного табака аналогично.

Использование табачной мелочи при изготовлении нюхательного табака

Некуриательные табачные изделия позиционируются производителями как альтернатива потреблению курительной продукции. В России разрешена продажа таких видов некуриательных табачных изделий как жевательный и нюхательный табак. На протяжении последних лет наблюдается стабильное нарастание потребления нюхательного табака.

Некуриательные табачные изделия – это продукция, потребление которой происходит без возгорания или пиролиза табака путем рассасывания в полости рта (сосательный табак), жевания (жевательный табак), или вдыхания (нюхательный

табак). При назальном потреблении, никотин из табака абсорбируется через слизистую носа.

Технология изготовления нюхательного табака из табачного сырья (листовое, стрипс) предполагает его купажирование, измельчение, определение содержания никотина, фракционирование, пастеризацию, охлаждение и упаковку.

Для проведения исследований был использован стрипсованный табак Вирджиния (контроль) и обеспыленный табак от брака сигарет/штранга (опыт 1, 2).

В таблице 4 представлен химический состав табачного сырья американского типа Вирджиния и табачной мелочи, образовавшейся при производстве сигарет, используемых для изготовления опытных образцов нюхательного табака.

Таблица 4.

Химический состав табачного сырья, используемого для изготовления нюхательного табака

Table 4.

Chemical composition of tobacco raw materials used for production of snuff

Образец Sample	Никотин, % Nicotine, %	Углеводы, % Carbohydrates, %	Белки, % Proteins, %
Вирджиния Virginia	0,7	12,4	5,2
№ 1	1,1	7,8	6,9
№ 2	0,9	9,6	5,5

Содержание никотина в исследуемом табачном сырье колеблется от 0,7 до 1,1%, углеводов – от 7,8 до 12,4%.

Табачная мелочь, собранная от сигаретных машин, обладает полным вкусом и приятным, ярко выраженным табачным ароматом, т. к. имеет в своём составе смесь подобранных в различных соотношениях сортотипов табака. Стоимость табачной мелочи не соизмерима со стоимостью листового табака.

Для установления возможности использования табачной мелочи, образующейся при производстве сигарет, в производстве нюхательного табака были изготовлены опытные образцы следующим образом: табачную мелочь фракционировали на просеивающем оборудовании JEL-200/8 (Borgwaldt). Отобранную фракцию 0,1–0,5 мм использовали для изготовления нюхательного табака. В качестве контроля использовали нюхательный табак, изготовленный из табачного сырья типа Вирджиния.

Потребительские свойства нюхательного табака оценивали по 100-балльной системе на основе дегустационной оценки, разработанной в лаборатории технологии производства табачных изделий ФГБНУ ВНИИТТИ. Результаты дегустационной оценки приведены в таблице 5.

Результаты дегустационной оценки позволяют сделать вывод, что образцы нюхательного табака, изготовленного из мелочи, собираемой на сигаретных машинах, не уступают по качеству образцу, изготовленного из стрипсованного табака Вирджиния.

Технология изготовления нюхательного табака на основе табачной мелочи, позволяет получить продукт высокого качества, сократить процесс производства, исключая дополнительные операции по подбору табачного сырья и его измельчению, что приводит к снижению себестоимости конечного продукта.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Плотникова Т.В., Миргородская А.Г., Шураева Г.П., Дон Т.А. и др. Применение отходов табачного производства в качестве средств защиты сельскохозяйственных культур от вредителей // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 5(56). С. 153–158.
- 2 Плотникова Т.В., Дон Т.А., Миргородская А.Г. Биологическая и экологическая эффективность использования отходов табачного производства в качестве инсектицида // Современное состояние естественных и технических наук: матер. VI Междунар. науч.-практ. конф. М.: «Спутник+», 2012. С. 127–130.
- 3 Гнучих Е.В., Миргородская А.Г., Шкидюк М.В., Бедрицкая О.К. и др. Методика дегустационной оценки смеси для кальяна. Краснодар: ВНИИЭСХ, 2014. 19 с.
- 4 Шкидюк М.В., Бедрицкая О.К., Глухов С.Д., Матюхина Н.Н. К вопросу оценки качества кальянных смесей // Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Краснодар, 2015. С. 407–410.

Таблица 5.

Дегустационная оценка нюхательного табака на основе табачного сырья и отходов (мелочь сигаретных линий)

Table 5.

Tasting evaluation of snuff based on tobacco raw materials and waste (trifle of cigarette lines)

Образец Sample	Дегустационная оценка Tasting evaluation		
	Вкус Taste	Аромат Fragrance	Общий балл Total Score
Вирджиния Virginia	щипание Pinching	табачный слабый приятный Tobacco weak Pleasant	77,8
№ 1	щипание Pinching	табачный слабый приятный Tobacco weak Pleasant	78,0
№ 2	слабое щипание Weak pinching	табачный средний приятный Tobacco Medium Pleasant	79,2

Выводы

Использование табачной мелочи (отделяемого табака от брака сигарет/шпанга, табачной мелочи) для изготовления кальянной смеси и нюхательного табака является оптимальным решением, поскольку позволяет решить следующие задачи:

- получение табачного продукта с высокими дегустационными свойствами и постоянством потребительских характеристик
- возможность получения изделий, обладающих естественным табачным ароматом
- экономической эффективности, т. к. из технологического процесса изготовления исключены операции по подбору, обезжириванию и измельчению табачного сырья.

5 Миргородская А.Г., Шкидюк М.В., Дон Т.А., Матюхина Н.Н. Исследования в области производства табачных изделий // Результаты исследований Всероссийского научно-исследовательского института табака, махорки и табачных изделий по направлениям научной деятельности. Краснодар, 2014. С. 165–191

6 Rainey C.L. Chemical characterization of dtssolvable tobacco products, promoted to reduce harm // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2011. V. 59. P. 2745–2751

7 Hu R. S. et al. Simultaneous extraction of nicotine and solanesol from waste tobacco materials by the column chromatographic extraction method and their separation and purification // Separation and Purification Technology. 2015. V. 146. P. 1–7.

8 Liu Y. et al. Co-digestion of tobacco waste with different agricultural biomass feedstocks and the inhibition of tobacco viruses by anaerobic digestion // Bioresource technology. 2015. V. 189. P. 210–216.

9 Wallbank L. A., MacKenzie R., Beggs P. J. Environmental impacts of tobacco product waste: International and Australian policy responses // Ambio. 2017. V. 46. № 3. P. 361–370.

10 Панов С.Ю., Белых О.М., Зинковский А.В., Момотов В.С. Особенности процесса регенерации фильтровальных перегородок. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. №1. С. 175-179.

REFERENCES

1 Plotnikova T.V., Mirgorodskaya A.G., Shuraeva G.P., Don T.A. et al. The use of waste tobacco production as a means of protecting crops from pests. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Kuban State Agrarian University] 2015. no. 5 (56). pp. 153–158. (in Russian)

2 Plotnikova T.V., Don T.A., Mirgorodskaya A.G. Biological and environmental efficiency of the use of tobacco production waste as an insecticide. *Sovremennoe sostoianie estestvennykh i tekhnicheskikh nauk* [Current state of natural and technical sciences: mater. VI Intern. scientific-practical conf.] Moscow, Sputnik, 2012. pp. 127–130. (in Russian)

3 Gnuchikh E.V., Mirgorodskaya A.G., Shkidyuk M.V., Bedritskaya O.K. et al. Metodika degustatsionnoi otsenki smesi dlia kaliana [Methods of tasting evaluation of the mixture for hookah] Krasnodar, VNIIESH, 2014. 19 p. (in Russian)

4 Shkidyuk M.V., Bedritskaya O.K., Glukhov S.D., Matyukhina N.N. On the issue of assessing the quality of hookah mixes. *Innovatsionnye issledovaniia i razrabotki dlia nauchnogo obespecheniia proizvodstva i khraneniia ekologicheskii bezopasnoi selskokhoziaistvennoi i pishchevoi produktsii* [Innovative research and development for scientific support of the production and storage of environmentally safe

agricultural and food products: mater. International scientific-practical conf.] Krasnodar, 2015. p. 407–410. (in Russian)

5 Mirgorodskaya A.G., Shkidyuk M.V., Don T.A., Matyukhina N.N. Research in the production of tobacco products. *Rezultaty issledovaniia Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta tabaka makhorki i tabachnykh izdelii po napravleniiam nauchnoi deiatelnosti* [Research results of the All-Russian Scientific Research Institute of Tobacco, tobacco and tobacco products in the fields of scientific activity] Krasnodar, 2014. pp. 165–191. (in Russian)

6 Rainey C.L. Chemical characterization of dtssol- vable tobacco products, promoted to reduce harm. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2011. vol. 59. pp. 2745–2751

7 Hu R. S. et al. Simultaneous extraction of nicotine and solanesol from waste tobacco materials by the column chromatographic extraction method and their separation and purification. *Separation and Purification Technology*. 2015. vol. 146. pp. 1-7.

8 Liu Y. et al. Co-digestion of tobacco waste with different agricultural biomass feedstocks and the inhibition of tobacco viruses by anaerobic digestion. *Bioresource technology*. 2015. vol. 189. pp. 210-216.

9 Wallbank L.A., MacKenzie R., Beggs P.J. Environmental impacts of tobacco product waste: International and Australian policy responses. *Ambio*. 2017. vol. 46. no. 3. pp. 361-370.

10 Panov S.Y., Belykh O.M., Zinkovskii A.V., Momotov V.S. Features of the regeneration process of the filter. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies] 2015. no. 1. pp. 175-179. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Алла Г. Миргородская к.т.н, зав. лаб., лаборатория технологии производства табачных изделий, Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, ул. Москов- ская, 42, г. Краснодар, 350072, Россия, mirgorodskaya_alla@mail.ru

Alla G. Mirgorodskaya Cand. Sci. (Engin.), head of laboratory, laboratory of technologies for manufacturing tobacco products, All-Russian research Institute of tobacco, makhorka and tobacco products, Moskovskaya St., 42, Krasnodar, 350072, Russia, mirgorodskaya_alla@mail.ru

Марина В. Шкидюк ст. науч. сотрудник, лаборатория техно- логии производства табачных изделий, Всероссийский научно- исследовательский институт табака, махорки и табачных из- делий, ул. Московская, 42, г. Краснодар, 350072, Россия, tabak.technolog@rambler.ru

Marina V. Shkidyuk senior researcher, laboratory of technologies for manufacturing tobacco products, All-Russian research Institute of tobacco, makhorka and tobacco products, Moskovskaya St., 42, Krasnodar, 350072, Russia, tabak.technolog@rambler.ru

Наталья Н. Матюхина аспирант, науч. сотрудник, лаборатория технологии производства табачных изделий, Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, ул. Московская, 42, г. Краснодар, 350072, Россия, tabak.technolog@rambler.ru

Natal'ya N. Matyukhina graduate student, science worker, laboratory of technologies for manufacturing tobacco products, All-Russian re- search Institute of tobacco, makhorka and tobacco products, Moskovskaya St., 42, Krasnodar, 350072, Russia, tabak.technolog@rambler.ru

Тамара А. Дон к.т.н, науч. сотрудник, лаборатория технологии производства табачных изделий, Всероссийский научно-исследо- вательский институт табака, махорки и табачных изделий, ул. Мос- ковская, 42, г. Краснодар, 350072, Россия, tabak.technolog@rambler.ru

Tamara A. Don Cand. Sci. (Engin.), science worker, laboratory of technologies for manufacturing tobacco products, All-Russian research Institute of tobacco, makhorka and tobacco products, Moskovskaya St., 42, Krasnodar, 350072, Russia, tabak.technolog@rambler.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

ПОСТУПИЛА 05.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 22.08.2018

RECEIVED 7.5.2018

ACCEPTED 8.22.2018

Исследования инновационной продукции – электронных систем доставки никотина

Евгения В. Гнучих	¹	Gnu20072007@yandex.ru
Марина В. Шкидюк	¹	tabak.technolog@rambler.ru
Алла Г. Миргородская	¹	mirgorodskaya_alla@mail.ru

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, ул. Московская, 42, г. Краснодар, 350072, Россия

Реферат. Изучение электронных систем доставки никотина (ЭСДН), получивших широкое распространение как продукт, замещающий потребление традиционных табачных изделий, является актуальной задачей. От традиционных сигарет эта продукция отличается отсутствием процесса горения, её потребление происходит путем вдыхания аэрозоля, образующегося в результате нагревания табака или жидкости, содержащей никотин. Проведен мониторинг рынка электронных систем доставки никотина. Разработаны принципы, позволяющие классифицировать новую продукцию как отдельную категорию табачных изделий. Предложена классификация ЭСДН. Определены физические характеристики ЭСДН одноразового использования и компонентный состав жидкости. Разработана «Методика прокуривания одноразовых электронных курительных устройств и получения влажного конденсата, газовой фазы дыма при помощи линейной курительной машины CERULEAN SM 405». Определены физические характеристики ЭСДН многоразового использования. Продуктом потребления ЭСДН является продуцируемый при нагревании высокодисперсный аэрозоль. Отсутствие единого международного подхода к регулированию никотинсодержащей продукции и методической базы для контроля состава веществ генерируемого аэрозоля, приводит к использованию различных режимов машинного прокуривания. Представлены параметры режимов машинного прокуривания табачных продуктов. В результате исследований установлено отсутствие в газовой фазе аэрозоля ЭСДН одноразового и многоразового использования монооксида углерода, что является подтверждением отсутствия процесса горения при потреблении. Последним поколением ЭСДН многоразового использования является инновационный табачный продукт – электрическая система нагревания табака (ЭСНТ), принципиально отличающийся от традиционных табачных изделий. Принцип действия ЭСНТ основан на нагреве табака без его горения или тления, следовательно, возможно снижение содержания образующихся вредных и потенциально вредных веществ, входящих в состав аэрозоля, при сохранении приемлемого уровня ощущений для потребителя. Дальнейшие исследования будут направлены на установление потенциала ЭСНТ к снижению риска по сравнению с традиционными сигаретами.

Ключевые слова: инновационная продукция, электронная система доставки никотина, электрическая система нагревания табака, аэрозоль, никотин, монооксид углерода

Studies of innovative product – electronic system for nicotine delivery

Evgeniya V. Gnuchikh	¹	Gnu20072007@yandex.ru
Marina V. Shkidyuk	¹	tabak.technolog@rambler.ru
Alla G. Mirgorodskaya	¹	mirgorodskaya_alla@mail.ru

¹ All-Russian Research Institute of tobacco, makhorka and tobacco products, Moskovskaya St, 42, Krasnodar, 350072, Russia

Summary. Studying the electronic nicotine delivery systems (ENDS), which are widely spread as substitute for traditional tobacco product is an important aim. This product differs from traditional product by absence of burning process, and it is consumed by inhaling aerosol formed by heating tobacco or liquid, containing nicotine. Monitoring of electronic nicotine delivery systems' market is carried. Principles for classifying new product as separate category of tobacco goods are elaborated. Classification for ENDS is offered. Physical properties of single use ENDS and liquid composition are defined. "Method for machine smoking of single use electronic smoking systems and collecting its TPM and gas phase of smoke with linear smoking machine CERULEAN SM 405" was elaborated. Physical properties of reusable ENDS are defined. ENDS product is fine aerosol formed by heating. Absence of standard international regulations on nicotine containing products and methods for control of its aerosol content leads to utilizing different machine smoking protocols. Machine smoking protocols for tobacco products are presented. After researches absence of carbon monoxide in gas phase of single use and reusable ENDS is found. This proves absence of burning process. The last generation of reusable ENDS is innovative tobacco product which is heated – electric system for heating tobacco (ESHT) which completely differs from traditional tobacco products. ESHT consuming is based on tobacco heating without its burning or combustion. As the result it is possible to decrease content of harmful and potentially harmful aerosol compounds and conserve adequate to consumers levels of taste. Further studies will be aimed at defining ESHT potential for decreasing health risks compared to traditional cigarettes..

Keywords: innovative tobacco product, electronic nicotine delivery system, electric tobacco heating system, aerosol, nicotine, carbon monoxide

Для цитирования

Гнучих Е.В., Шкидюк М.В., Миргородская А.Г. Исследования инновационной продукции – электронных систем доставки никотина // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 265–271. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-265-271

For citation

Gnuchikh E.V., Shkidyuk M.V., Mirgorodskaya A.G. Studies of innovative product – electronic system for nicotine delivery. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 265–1. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-265-271

Введение

В последние годы на мировом рынке широкое распространение получили потребительские продукты в виде электронных систем доставки никотина, замещающие потребление традиционных табачных изделий. От традиционных сигарет эта продукция отличается отсутствием процесса горения, её потребление происходит путем вдыхания аэрозоля, образующегося в результате нагревания табака или жидкости, содержащей никотин.

Рекомендации ВОЗ и необходимость адекватной оценки новых табакосодержащих и никотинсодержащих продуктов, предупреждают о том, что «стремительный рост использования электронных систем доставки никотина во всем мире нельзя ни игнорировать, ни принимать, не прилагая усилий по регулированию надлежащим образом этих изделий, с тем, чтобы свести к минимуму последствия» [1].

Первая электронная модель для имитации процесса курения сигареты разработана и выпущена в 2003 г., на основании изобретений запатентованных в Китае, в Beijing SBTRUYAN Technology Development Company Limited [2].

Материалы и методы

Объектами для исследований служили: электронные системы доставки никотина одноразового использования; электрические системы нагревания табака.

В процессе исследований использовали методы, общепринятые в табачной отрасли. Для прокуривания ЭСДН одноразового использования на курительной машине применялась «Методика прокуривания одноразовых электронных курительных устройств и получения влажного конденсата, газовой фазы дыма при помощи линейной курительной машины CERULEAN SM 405» [3].

Результаты и обсуждение

Появление электронных систем доставки никотина (электронных сигарет, электрических систем нагревания табака) привело к зарождению принципиально нового сектора экономики, который охватывает разработку, производство и организацию сбыта как самих устройств, так и материалов к ним. Принципы, позволяющие классифицировать новую продукцию как отдельную категорию изделий следующие:

- наличие никотина;
- образование аэрозоля, вдыхаемого потребителем;
- использование исключительно со специальными устройствами – системами доставки никотина.

Мониторинг рынка электронных систем доставки никотина (ЭСДН), проведенный в лаборатории технологии производства табачных изделий ФГБНУ ВНИИТТИ, позволил выделить основные группы потребительских продуктов данной категории:

- электронные системы доставки никотина многоразового применения,
- электронные системы доставки никотина одноразового использования,
- расходные материалы для ЭСДН (жидкости и картриджи).

Начиная с 2015 г. на российском рынке появилась инновационная продукция – система доставки никотина для эксплуатации с табаком нагреваемым (ЭЧНТ), работающая по принципу «нагревание без горения» («heat-not-burn»). В России объем продаж ЭЧНТ в 2016 г. составил 211 млн. руб. Предположительно, к 2025 г. продажи ЭЧНТ торговых марок «IQOS» (Philip Morris International), «PloomTech» (Japan Tobacco International) и «GLO» (British American Tobacco) займут в объеме до 30–35% всего табачного рынка [4].

Электронная система доставки никотина (ЭСДН) – Электронное устройство, используемое для вдыхания аэрозоля, получаемого вследствие нагревания жидкости. ЭСДН являются общим понятием, в том числе, для электронных испарителей, электронных генераторов пара и иных устройств, соответствующих описанию ЭСДН [5].

ЭСДН одноразового использования – тип ЭСДН, в которой элемент питания, атомайзер и картридж с жидкостью являются составным целым и образуют неразборную конструкцию. Все ЭСДН одноразового использования имеют идентичные конструкции: пластиковый или металлический корпус; датчик затяжки; индикатор работы устройства; элемент питания разового использования; блок управления и индикации; картридж с пористым материалом, пропитанным жидкостью; испаритель, представляющий собой нихромовую или фехралевую спираль.

Общая характеристика образцов жидкости для заправки ЭСДН: вязкая, слабо текучая жидкость различных цветов на основе высокоатомных спиртов – глицерина (пропан-1,2,3-триол, пищевая добавка E422) и пропиленгликоля (пропан-1,2-диол, пищевая добавка E1520), воды, ароматизатора, с никотином/без никотина (в зависимости от образца), плотность раствора – не менее 1,2 мг/мл, водородный показатель pH 4,5–7,5.

Физические характеристики электронных устройств и компонентный состав жидкости для ЭСДН одноразового использования представлены в таблице 1.

Характеристики ЭСДН одноразового использования

Table 1.

Characteristic of single use ESND

Показатель Indicator	Размерность Dimension	Значение Value
Характеристики ЭСДН одноразового использования Characteristics Ends Single Use		
Диаметр Diameter	мм mm	9–10
Длина Length	мм mm	84–155
Масса Weight	г g	10–35
Аккумулятор Battery	Одноразовый Disposable	
Компонентный состав жидкости для ЭСДН The component composition of the liquid for Ends		
Глицерин Glycerin	%	40–75
Пропиленгликоль Propylene glycol	%	20–50
Ароматизатор Flavoring	%	0–10
Никотин Nikotin	%	0–2,5

Продуктом потребления ЭСДН является продуцируемый при нагревании высокодисперсный аэрозоль, физиологическую и вкусовую крепость которого определяют содержание никотина и pH жидкости для ЭСДН.

Для объективной оценки последствий влияния на организм человека потребления ЭСДН, необходимо располагать точными данными о составе генерируемого аэрозоля, однако, на сегодняшний день, отсутствуют требования к качественным показателям ЭСДН и методическая база для контроля состава веществ, выделяемых в генерируемый аэрозоль при потреблении.

Единого международного подхода к регулированию инновационной никотинсодержащей продукции не существует, что приводит к использованию различных режимов прокуривания:

- для ЭСДН разработан метод CORESTA CRM № 81 «Routine analytical machine for e-cigarette aerosol generation and collection – definitions and standard conditions»[6];
- прокуривание стиков ЭСНТ на курительной машине проводится при режиме Health Canada Intense[7];
- для стандартных сигарет используется метод ИСО 3308

Наиболее перспективным методом эксперты признают канадский интенсивный

метод прокуривания сигарет и стиков ЭСНТ. Канадский метод, определяющий максимальный выход веществ, отличается большим объемом затяжки (55 мл вместо 35 мл) и полной блокировкой вентиляционных отверстий фильтра[7].

В лаборатории технологии производства табачных изделий ФГБНУ ВНИИТТИ разработана и опробирована «Методика прокуривания одноразовых электронных курительных устройств и получения влажного конденсата, газовой фазы дыма при помощи линейной курительной машины CERULEAN SM 405» [3]. Разработанная методика позволяет получить влажный конденсат на фильтр из стекловолокна, с целью последующего определения количественного содержания химических соединений, а также получить газовую фазу, собираемую в герметичные мешки различного объема, для инструментального определения монооксида углерода. Окончание процесса сбора аэрозоля ЭСДН одноразового использования происходит либо при испарении жидкости в картридже либо при окончании зарядки батареи и может быть определено с помощью специального детектора или при контроле потери массы изделия или изменении массы используемых ловушек. Параметры режимов прокуривания ЭСДН, ЭСНТ и стандартных сигарет представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Основные параметры режимов прокуривания электронных систем доставки никотина различной конструкции и стандартных сигарет

Table 2.

The main parameters of the modes of Smoking of electronic nicotine delivery systems of various designs and standard cigarettes

Параметры процесса Options Process	CRM 81	Режим Health Canada Intense	ISO 3308	Методика прокуривания ВНИИТТИ
Продолжительность затяжки, сек Duration Tightening, Sec	3	2	2	6
Объем затяжки, мл Volume Tightening, Ml	55 ± 0,3	55 ± 0,5	35 ± 0,3	35
Пауза между затяжками, сек Pause Between Bongs, Sec	30 ± 0,5	30 ± 0,5	60 ± 0,5	20
Блокировка вентиляции Lock Ventilation	–	100	0	–

Исследования, проведенные по «Методике прокуривания одноразовых электронных курительных устройств и получения влажного конденсата, газовой фазы дыма при помощи линейной курительной машины CERULEAN SM 405», позволили определить основные технологические параметры наиболее распространенных ЭСДН

одноразового использования и содержание токсических компонентов аэрозоля (таблица 3).

Технологические параметры и содержание токсичных веществ в аэрозоле, генерируемом ЭСДН одноразового использования, представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Технологические параметры ЭСДН одноразового использования при прокуривании и содержание токсических компонентов в аэрозоле

Table 3.

Technological parameters of single-use ESND during Smoking and content of toxic components in aerosol

Показатель Indicator	Размерность Dimension	Значение Value
Количество затяжек Quantity Puffs	шт.	до 250
Объем конденсата Volume Condensate	м ³	0,0125–0,021
Испарение рабочей жидкости, % Evaporation Working Liquid, %	%	≤75
Уменьшение массы устройства Reducing Mass Device	%	8–11
Улавливание конденсата на фильтр Capture Condensate On Filter	%	>99
Содержание компонентов в аэрозоле Content Components In the Spray		
Никотин Nicotine	мг/12 затяжек	0–0,031
Монооксид углерода Monoxide Carbon	%	–

В результате исследований установлено:

- отсутствие монооксида углерода в газовой фазе аэрозоля ЭСДН одноразового использования;

- количественный переход никотина из рабочей жидкости в аэрозоль незначителен.

На современном рынке представлено несколько поколений ЭСДН многократного использования, которые отличаются внешним видом, конструкцией и содержимым картриджа:

- изделия с нагреваемым табаком (ЭСНТ);
- с экстрактами табака, с никотином и экстрактами табака, с никотином;
- без никотина и без табака.

ЭСДН многократного использования – тип ЭСДН, в которой сменный картридж или

сменный картомайзер предназначен исключительно для использования с оригинальным устройством, а также тип ЭСДН, в которой контейнер предназначен для многократной заправки пользователем жидкостью, поставляемой с ЭСДН и/или приобретаемой отдельно.

В ЭСДН многократного использования под действием нагревательного элемента генерируется аэрозоль, состав которого определяется химическим составом картриджа (стика) или жидкостей, заправляемых производителем [8].

Характеристики ЭСДН многократного использования, представленных для исследования, приведены в таблице 4.

Таблица 4.

Характеристики ЭСДН многократного использования

Table 4.

Features of ESND reusable

Показатель	PONS Classic	PONSSlim
Диаметр, мм Diameter, Mm	8,5	5,5
Длина, мм Length, Mm	88	103
Масса, г Weight, G	35,0	21,0
Емкость аккумулятора, мАч Capacity Battery, Mah	180	180
Время работы аккумулятора, затяжек It's time Work Battery, Puffs	150	150
Содержание никотина в жидкости картриджа, % Nicotine content in Liquid cartridge, %	7,0	4,4
Содержание компонентов в аэрозоле		
Никотин (Nicotine), мг/12 затяжек	0,019	0,006
Монооксид углерода (Monoxide Carbon), %	–	

В результате исследований установлено:

- ЭСДН многоразового использования имеют различные физические характеристики и различное содержание никотина в жидкости картриджа;

- в процессе прокуривания при стандартных условиях ЭСДН генерирует аэрозоль с низким содержанием никотина, монооксид углерода не обнаружен.

Последним поколением ЭСДН многоразового использования является инновационный табачный продукт – электрическая система нагревания табака (ЭСНТ). Система нагревания табака представляет собой устройство, которое нагревает наполнитель, состоящий из специально подготовленного табачного сырья и расфасованный в порционную упаковку в виде капсул (стиков и т. п.) в результате чего образуется никотиносодержащий аэрозоль, который вдыхает потребитель.

Изделия с нагреваемым табаком принципиально отличаются от традиционных табачных изделий, т. к. в результате их применения образуется не табачный дым, содержащий значительное количество вредных для здоровья человека соединений, а аэрозоль, образующийся в результате нагревания табачной смеси [8].

Изделие с нагреваемым табаком (табак нагреваемый) – вид никотиносодержащей продукции, предназначенный для эксплуатации путем вдыхания потребителем содержащего никотин аэрозоля, получаемого путем прямого или косвенного нагревания наполнителя – табачной смеси. Изделие из табака нагреваемого может состоять из одного или нескольких компонентов, включая, табак нагреваемый, нетабачные материалы и интегрированный источник тепла [9].

Конструктивно ЭСНТ включают следующие компоненты:

- нагревательный элемент и систему управления нагревательным элементом;
- парогенератор и камеру, предназначенную для образования пара;
- источник тока и разъем для подключения внешнего источника тока;
- мундштук.

Принцип действия ЭСНТ основан на нагреве табака без его горения или тления, при котором возможно снижение содержания образующихся вредных и потенциально вредных веществ, входящих в состав аэрозоля, при сохранении приемлемого уровня ощущений для потребителя. При работе ЭСНТ, температура нагрева в момент затяжки достигает 250 – 350°С, в отличие от традиционных сигарет, в которых пиролиз табака происходит при температуре

свыше 800°С. Следовательно, ЭСНТ отличается от традиционных сигарет отсутствием прямого пиролиза табака, и этот подход назван «нагревание вместо горения» [10, 11].

Кроме ЭСНТ, существуют комбинированные (гибридные) инновационные табачные изделия, которые состоят из специальных капсул, заполненных табаком, но табак нагревается не напрямую от нагревательного элемента, а опосредовано от специальной жидкости (с никотином или без него), т. е. аэрозоль проходит через табачную смесь или табак, чтобы приобрести соответствующий аромат.

Все транснациональные табачные компании экспериментируют в направлении создания инновационного высокотехнологичного табачного продукта с пониженным риском. Внедрение новой продукции iQOS (Philip Morris), PloomTech (JTI), GLO и iFUSE (BAT) может совершить переворот в табачной промышленности.

Международный концерн Philip Morris инвестировал значительные средства в технологию производства инновационного табачного продукта пониженного риска iQOS, позволяющую снизить ущерб, наносимый здоровью курением табака. iQOS состоит из нескольких элементов: табак нагреваемый, нетабачные материалы и интегрированный источник тепла. Основным конструктивным элементом является стик, табачная часть которого состоит из специально обработанного табака. При работе iQOS температура нагрева достигает 300 – 350°С. Нагревание табака без его горения и тления приводит к генерированию аэрозоля с более низким уровнем содержания токсичных веществ

С 2012 г. компания BAT вложила свыше \$2,5 млрд в научные исследования и разработки инновационной продукции, т. ч. более \$1,5 млрд в разработку и коммерческий выпуск продукции с потенциально пониженным риском (устройств для нагревания табака, электронных сигарет и гибридных систем) за последние шесть лет. Примером комбинированной системы нагревания табака служит инновационный продукт iFUSE (BAT). Продукция BAT инновационного поколения представлена в 15 странах. В России продажи системы нагревания табака GLO начались осенью 2017 г, в 2018 г. планируется дальнейшее расширение географии продаж инновационной продукции.

Комбинированная система нагревания табака Ploom Tech – разработка табачной компании Japan Tobacco Inc (JTI) запущена в продажу в 2017 г. В России устройство для нагревания табака Ploom Tech еще не представлено, а в Японии уже вышла улучшенная версия –

Ploom Tech Version Up с апгрейдом аккумулятора. Новая модель Ploom Tech рассчитана на 50 затяжек и оборудована светодиодами, мигание которых сообщает о необходимости замены табачной капсулы.

В таблице 5 представлены существующие электрические системы нагреваемого табака, гибридные (комбинированные) системы нагревания табака и виды используемых стиков/капсул/картриджей с табаком нагреваемым.

Таблица 5.

Инновационная табачная продукция

Table 5.

Innovative tobacco products

Наименование Name	Название Name
Электрические системы нагревания табака	
IQOS (PMI)	Стики: Parliament Blue, Parliament Fresh, HEETS (Rich, Light, Menthol), Marlboro
GLO (BAT)	Стики: Kent Neostiks
Гибридные системы нагревания табака	
Ploom Tech (JTI)	Капсулы: Mevius Purple, Mevius Regular, Mevius Green
iFuse (BAT)	Картриджи: Neopod Tobacco, Neopod Crisp Blue, Neopod Winter Green.

Исследования, по установлению уровня содержания токсичных и условно токсичных компонентов аэрозоля, генерируемого ЭСНТ, будут продолжены и направлены на установление потенциала ЭСНТ к снижению риска по сравнению с традиционными сигаретами

Закключение

Принцип потребления никотиносодержащей продукции основан на нагреве специальной жидкости или табака без его горения или тления и получения аэрозоля, который вдыхает потребитель.

Принципы, позволяющие классифицировать инновационную табачную продукции – электронные системы доставки никотина, как отдельную категорию изделий:

- наличие никотина;
- образование аэрозоля, вдыхаемого потребителем;
- использование исключительно со специальными устройствами – системами доставки никотина.

В результате исследований установлено отсутствие в газовой фазе аэрозоля ЭСДН

одноразового и многократного использования монооксида углерода, что является подтверждением отсутствия процесса горения при потреблении.

Принцип работы электрических систем нагревания табака, основанный на подходе «нагревание вместо горения», ведет к снижению содержания образующихся вредных и потенциально вредных веществ, входящих в состав аэрозоля, при сохранении приемлемого уровня ощущений для потребителя.

Единого международного подхода к регулированию инновационной никотинсодержащей продукции не существует, отсутствуют требования безопасности и методическая база для контроля состава веществ, выделяемых в аэрозоль при потреблении.

Дальнейшие исследования ФГБНУ ВНИИТТИ направлены на разработку научно обоснованных требований безопасности к электронным системам доставки никотина и на установление потенциала ЭСНТ к снижению риска по сравнению с традиционными сигаретами.

ЛИТЕРАТУРА

1 Материалы конференции Сторон (КС-4) Рамочной конвенции ВОЗ по борьбе против табака (РКБТ ВОЗ). Уругвай, 2010.

2 Кочеткова С.К., Остапенко И.М. Исследование безопасности курения кальянных табаков и электронных сигарет // Инновационные пищевые технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Краснодар, 2011. С. 189–193.

3 Миргородская А.Г., Шкидюк М.В., Глухов С.Д., Матюхина Н.Н. Методика прокуривания одноразовых электронных курительных устройств и получения влажного конденсата, газовой фазы дыма при помощи линейной курительной машины CERULEAN SM 405. Краснодар, 2015. 10 с.

4 Миргородская А.Г., Шкидюк М.В., Матюхина Н.Н. Мониторинговые исследования мирового и российского рынка электронных курительных систем // Новые технологии. 2016. №3. С. 32

5 Tritchounian A, Williams M, Talbot P. Conventional and electronic cigarettes (e-cigarettes) have different smoking characteristics // Nicotine Tob Res 2010. №12. P. 905–12.

6 Coresta recommended method № 81 Routine analytical machine for e-cigarette aerosol generation and collection – definitions and standard conditions.

7 Health Canada. Health Canada (Ed.), Official Method-T115. Determination of Tar, Nicotine and Carbon Monoxide in Mainstream tobacco Smoke. Tobacco Control Programme, Ottawa, 1999.

8 FDA 2012. Harmful and Potentially Harmful Constituents in Tobacco Products and Tobacco Smoke: Established List. US Food and Drug Administration. URL: <http://www.fda.gov/TobaccoProducts/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/ucm297786.htm>

9 ГОСТ Р 57458–2017 Табак нагреваемый. Общие технические условия.

10 Tobacco Advisory Group of the Royal College of Physicians. Nicotine Without Smoke – Tobacco Harm Reduction. London, UK: Royal College of Physicians; 2016. URL: [replondon.ac.uk/projects/ outputs/nicotine-without-smoke-tobacco-harmreduction-0](http://replondon.ac.uk/projects/outputs/nicotine-without-smoke-tobacco-harmreduction-0).

11 Панов С.Ю., Белых О.М., Зинковский А.В., Момотов В.С. Особенности процесса регенерации фильтровальных перегородок // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. №1. С. 175-179.

REFERENCES

1 Materialy konferentsii Storon KS 4 Ramochnoi konventsii VOZ po borbe protiv tabaka [Proceedings of the Conference of the Parties (COP 4) of the WHO Framework Convention on Tobacco Control (WHO FCTC)] Uruguay, 2010. (in Russian)

2 Kochetkova S.K., Ostapchenko I.M. Research on the safety of smoking hookah tobacco and electronic cigarettes. Innovatsionnye pishchevyte tekhnologii v oblasti khraneniia i pererabotki selskokhoziaistvennogo syria mater Mezhdunar nauch -prakt konf [Innovative food technologies in the field of storage and processing of agricultural raw materials: mater. International scientific-practical conf.] Krasnodar, 2011. p. 189–193. (in Russian)

3 Mirgorodskaya AG, Shkiduk MV, Glukhov SD, Matyukhina N.N. Metodika prokurivaniia odnorazovykh elektronnykh kuritelnykh ustroistv i polucheniia vlazhnogo kondensata gazovoi fazy dyma pri pomoshchi lineinoy kuritelnoi mashiny CERULEAN SM 405 [Methods of smoking one-time

electronic smoking devices and getting wet condensate, gas phase of smoke using a linear smoking machine CERULEAN SM 405] Krasnodar, 2015. 10 p. (in Russian)

4 Mirgorodskaya AG, Shkiduk MV, Matyukhina N.N. Monitoring Studies of the World and Russian Electronic Smoking Systems Market. *Novye tekhnologii* [New Technologies] (in Russian)

5 Trtchounian A, Williams M, Talbot P. Conventional and electronic cigarettes (e-cigarettes) have different smoking characteristics. *Nicotine Tob Res.* 2010. no. 12. pp. 905–12.

6 Coresta recommended method № 81 Routine analytical machine for e-cigarette aerosol generation and collection – definitions and standard conditions.

7 Health Canada. Health Canada (Ed.), Official Method-T115. Determination of Tar, Nicotine and Carbon Monoxide in Mainstream tobacco Smoke. Tobacco Control Programme, Ottawa, 1999.

8 FDA 2012. Harmful and Potentially Harmful Constituents in Tobacco Products and Tobacco Smoke: Established List. US Food and Drug Administration. Available at: <http://www.fda.gov/TobaccoProducts/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/ucm297786.htm>

9 GOST R 57458–2017 Tabak nagrevaemyi Obshchie tekhnicheskie usloviia [Tobacco heated. General technical conditions] (in Russian)

10 Tobacco Advisory Group of the Royal College of Physicians. Nicotine Without Smoke - Tobacco Harm Reduction. London, UK: Royal College of Physicians; 2016. Available at: [replondon.ac.uk/projects/ outputs / nicotine-without-smoke-tobacco-harmreduction-0](http://replondon.ac.uk/projects/outputs/nicotine-without-smoke-tobacco-harmreduction-0). (in Russian)

11 Panov S.Yu., Belykh O.M., Zinkovsky A.V., Momotov V.S. Features of the process of regeneration of filter barriers. *Vestnik VGUET* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technology] 2015. no. 1. pp. 175-179 (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Евгения В. Гнучих к.т.н., зам. директора по научной работе и инновациям, Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, ул. Московская, 42, г. Краснодар, 350072, Россия, Gnu20072007@yandex.ru

Марина В. Шкидюк ст. науч. сотрудник, лаборатория технологии производства табачных изделий, Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, ул. Московская, 42, г. Краснодар, 350072, Россия, tabak.technolog@rambler.ru

Алла Г. Миргородская к.т.н, зав. лаб., лаборатория технологии производства табачных изделий, Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, ул. Московская, 42, г. Краснодар, 350072, Россия, mirgorodskaya_alla@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Евгения В. Гнучих консультация в ходе исследования

Марина В. Шкидюк обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

Алла Г. Миргородская написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 27.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.08.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Evgeniya V. Gnuchikh Cand. Sci. (Engin.), Deputy Director of science and innovation, All-Russian Research Institute of tobacco, makhorka and tobacco products, Moskovskaya St, 42, Krasnodar, 350072, Russia, Gnu20072007@yandex.ru

Marina V. Shkiduk senior researcher, laboratory of technologies for manufacturing tobacco products, All-Russian Research Institute of tobacco, makhorka and tobacco products, Moskovskaya St, 42, Krasnodar, 350072, Russia, tabak.technolog@rambler.ru

Alla G. Mirgorodskaya Cand. Sci. (Engin.), head of laboratory, laboratory of technologies for manufacturing tobacco products, All-Russian Research Institute of tobacco, makhorka and tobacco products, Moskovskaya St, 42, Krasnodar, 350072, Russia, mirgorodskaya_alla@mail.ru

CONTRIBUTION

Evgeniya V. Gnuchikh consultation during the study

Marina V. Shkiduk review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Alla G. Mirgorodskaya wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.27.2018

ACCEPTED 8.20.2018

Разработка технологии производства продуктов из мяса птицы профилактического назначения (копчено-запеченный галантин из мяса кур с болгарским перцем)

Зинаида И. Лаврёнова¹ lavrenova.zinaida@yandex.ru
Наталья Е. Назарова¹ nazarova-nnsaa@mail.ru

¹ Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, г. Нижний Новгород, пр-т Гагарина, 97, Россия

Реферат. Целью работы являлась разработка нового вида мясной продукции функционального назначения из мяса птицы с частичной заменой мясного сырья растительным компонентом – болгарским перцем. Проведены исследования опытных образцов по органолептическим, физико-химическим, микробиологическим показателям. Результаты микробиологических исследований показывают, что представленные опытные образцы соответствуют требованиям и нормам, установленным нормативными документами, подтверждают получение продукта повышенной микробиологической стабильности. Оценка пищевой и энергетической ценности копчено-запеченного галантина с болгарским перцем свидетельствует о создании низкокалорийного мясного продукта диетического назначения. В результате экономических расчетов сделан вывод о том, что по мере увеличения количества заменяемого мясного сырья на болгарский перец возрастает уровень рентабельности производства с 14,9% в контрольном образце до 20,7% в экспериментальном образце № 3 с заменой мясного сырья на 15,0% болгарским перцем. При производстве 50 кг в смену возможный дополнительный размер прибыли в год будет составлять более 700 тыс. руб. Потребительские свойства опытных образцов, особенно образец № 3 (с 15,0% перца) выгодно отличаются от контрольного образца. По результатам оценки органолептических показателей предпочтение отдано образцу № 3. Результаты микробиологических исследований подтвердили гарантированную безопасность всех образцов на протяжении всего срока хранения. По мере увеличения количества заменяемого мясного сырья на болгарский перец значительно снижается энергетическая ценность 100 г. копчено-запеченного галантина с 346,0 ккал (контрольный образец) до 245,0 ккал (образец № 3) или уменьшается на 29,2%.

Ключевые слова: копчено-запеченный галантин из мяса кур с болгарским перцем, технология производства, физико-химические показатели, экономическая эффективность производства

Development of technology for the production of poultry products prophylactic purpose (smoked-baked galantine from chicken meat with Bulgarian pepper)

Zinaida I. Lavrenova¹ lavrenova.zinaida@yandex.ru
Natal'ya E. Nazarova¹ nazarova-nnsaa@mail.ru

¹ Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Gagarin Avenue, 97, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The aim of the work was the development of a new kind of meat products for functional purposes from poultry meat with a partial replacement of meat raw materials with a vegetable component – Bulgarian pepper. Studies of prototypes on organoleptic, physicochemical, and microbiological indicators were carried out. The results of microbiological studies show that the presented prototypes meet the requirements and norms established by regulatory documents, confirm the receipt of a product of increased microbiological stability. Evaluation of food and energy value of smoked-baked galantine with Bulgarian pepper indicates the creation of a low-calorie meat product for dietary purposes. As a result of economic calculations, it was concluded that as the amount of meat that is being replaced is increased, Bulgarian pepper increases the profitability level of production from 14.9% in the control sample to 20.7% in experimental sample No. 3, replacing meat raw materials by 15.0% Bulgarian pepper. In the production of 50 kg per shift, the possible additional profit per year will be more than 700 thousand rubles. The consumer properties of the prototypes, especially sample No. 3 (with 15.0% pepper) favorably differ from the control sample. Based on the evaluation of organoleptic parameters, preference is given to sample No. 3. The results of microbiological studies confirmed the guaranteed safety of all samples throughout the storage period. As the amount of meat that is being exchanged for Bulgarian peppers increases, the energy value of 100 g of smoked-baked galantine with 346.0 kcal (control sample) to 245.0 kcal (sample No. 3) is significantly reduced or reduced by 29.2%.

Keywords: smoked-baked galantine with Bulgarian pepper, production technology, physicochemical indicators, economic efficiency of production

Введение

Современная концепция науки о питании выдвигает ряд требований к сбалансированности и полноценности состава продукта. В связи с этим актуальным направлением является создание и использование биологически

полезных и сбалансированных пищевых систем, отвечающих требованиям адекватного, рационального и лечебно-профилактического питания с одновременным увеличением выпуска и улучшения качества продукции путем оптимизации технологических процессов и использования растительных ресурсов [1].

Для цитирования

Лаврёнова З.И., Назарова Н.Е. Разработка технологии производства продуктов из мяса птицы профилактического назначения (копчено-запеченный галантин из мяса кур с болгарским перцем) // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 272–277. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-272-277

For citation

ВВЕДИТЕ ЗДЕСЬ Lastname F.S., Lastname F.S. Development of technology for the production of poultry products prophylactic purpose (smoked-baked galantine from chicken meat with Bulgarian pepper). *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 272–277. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-272-277

Для получения пищевых продуктов функционального назначения в Российской Федерации используют различные виды сырья с повышенной биологической активностью, изыскивая способы снижения калорийности продуктов за счет введения различных обогатителей [2, 3].

В этой связи роль продуктов растительного происхождения трудно переоценить, так как они являются поставщиками витаминов, пищевых волокон, ферментов, органических кислот, эфирных масел и других биологически активных веществ [4–10].

Болгарский перец можно смело назвать кладовой полезных элементов и витаминов. Ученые давно его ввели в список наиболее полезных продуктов для человека, а врачи очень редко считают болгарский перец запрещенным к употреблению.

Цель исследований – разработка рецептуры и технологии производства нового вида мясной продукции «Копчено-запеченный галантин с болгарским перцем» с заданными функциональными свойствами для промышленного производства в Российской Федерации.

Материалы и методы

Контрольная партия галантина копчено-запеченного вырабатывалась по технологии производства, предусмотренной ТУ 9213–004–86437982–2014 «Продукты из мяса птицы копчено-вареные, копчено-запеченные, сырокопченые, сыровяленые. Технические условия». Опытные партии галантина вырабатывались по рецептурам с разным количеством замены мясного сырья перцем болгарским. Оценка органолептических показателей проводилась по 9-ти балльной шкале. Физико-химические показатели исследуемых образцов оценивали

в соответствии с нормами, установленными ТУ 9213-004-86437982-2014.

Результаты и обсуждение

Болгарский перец относится к тем немногим продуктам, которые разрешены при сахарном диабете. В составе овоща присутствует минимальное содержание глюкозы. Поэтому специалисты разрешают употреблять перец практически в любом количестве при отсутствии иных противопоказаний.

Продукт необходим диабетикам, так как овощ богат аскорбиновой кислотой. Витамин С поддерживает защитную оболочку организма на должном уровне, а также улучшает состав крови и стабилизирует артериальное давление.

Ценный состав болгарского перца сохраняет эластичность стенок кровеносных сосудов, благодаря этому происходит своевременная транспортировка необходимых для всех органов человека веществ.

Контрольная партия галантина вырабатывалась по технологии производства, предусмотренной ТУ 9213-004-86437982-2014 «Продукты из мяса птицы копчено-вареные, копчено-запеченные, сырокопченые, сыровяленые. Технические условия». Опытные партии галантина вырабатывались по рецептурам с разным количеством замены мясного сырья перцем болгарским – в образце № 1 – содержалось 5% болгарского перца; в образце № 2 – 10%, в образце № 3 – 15% перца соответственно. В результате проведенных исследований и расчетов получены данные по показателям качества и безопасности, пищевой и энергетической ценности, экономической эффективности производства галантина.

Оценка органолептических показателей проводилась по 9-ти балльной шкале (таблица 1).

Таблица 1.

Органолептическая оценка образцов копчено-запеченного галантина

Table 1.

Organoleptic evaluation of smoked-baked galantine samples

Образцы Sample	Органолептическая оценка по 9-балльной шкале Organoleptic evaluation on a 9-point scale					
	Цвет Colour	Аромат Aroma	Вкус Taste	Консистенция Consistency	Сочность Juiciness	Общая оценка качества продукта в баллах Overall quality assessment product points
Контрольный образец Control sample	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Образец № 1 Sample № 1	8,0	8,0	8,5	8,0	8,0	8,1
Образец № 2 Sample № 2	8,0	8,5	8,5	8,0	8,5	8,1
Образец № 3 Sample № 3	8,3	8,5	8,5	8,0	8,7	8,4

По результатам органолептической оценки качества по 9-балльной шкале можно сделать вывод, что добавление в рецептуру болгарского перца только улучшило потребительские свойства вновь разработанного мясного продукта.

Вид на разрезе (рисунок) стал более привлекательным за счёт вкраплений кусочков перца разного цвета; аромат стал более

насыщенным, ярким. Перец при запекании карамелизуется, в результате чего галантин приобретает приятный вкус. Предпочтение отдано образцу галантина с заменой мясного сырья болгарским перцем в количестве 15,0%.

Результаты исследования физико-химических показателей образцов галантина с перцем представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Физико-химические показатели образцов копчёно-запеченного галантина

Table 2.

Physical and chemical parameters of smoked and baked galantine samples

Наименование показателя Name of indicator	Образцы копчёно-запеченного галантина Samples of smoked-baked galantine			
	Контрольный образец Control sample	Образец № 1 Sample № 1	Образец № 2 Sample № 2	Образец № 3 Sample № 3
Массовая доля белка, % The content of the mass fraction of protein, %	30,0	27,0	24,0	21,0
Массовая доля жира, % Content of fat mass fraction, %	19,0	17,1	15,2	13,3
Содержание поваренной соли, % Table salt content, %	–	0,2	0,4	0,7
Массовая доля углеводов, % Content of mass fraction of carbohydrates, %	2,0	2,0	2,0	2,0

Массовая доля жира в контрольном образце составила 30,0%, что соответствует требованиям ТУ 9213-004-86437982-2014.

В образцах галантина копчёно-запечённого с добавлением болгарского перца массовая доля жира составляет в экспериментальных образцах № 1, № 2 и № 3—27,0; 24,0 и 21,0% соответственно. Наблюдается значительное снижение массовой доли жира во всех опытных образцах копчёно-запечённого галантина с перцем, особенно это проявляется в образце № 3 (снижение составило около 30%).

По результатам исследования массовая доля поваренной соли остаётся неизменной во всех образцах и составляет 2,0%.

Массовая доля углеводов в опытных образцах копчёно-запечённого галантина № 1, № 2, № 3 составила 0,2%, 0,4% и 0,7% соответственно в зависимости от количества добавляемого перца.

В ходе проведения исследований по влиянию добавления перца на качество и безопасность копчёно-запечённого галантина

определялось наличие в продукте КМАФАМ и патогенной микрофлоры.

Результаты микробиологических исследований (таблица 3) показывают, что представленные на анализ образцы по исследуемым показателям соответствуют требованиям и нормам, установленным нормативными документами, подтверждают получение продукта повышенной микробиологической стабильности.

На основании полученных результатов исследования физико-химических показателей образцов копчёно-запечённого галантина, сделан расчёт пищевой и энергетической ценности 100 г. продукта. Результаты расчёта представлены в таблице 4.

Энергетическая ценность 100 г. копчёно-запечённого галантина, выработанного по рецептуре образца № 3 (замена мясного сырья 15,0% болгарским перцем) снизилась на 29,2% по сравнению с контрольным образцом, что свидетельствует о создании низкокалорийного диетического продукта.

Микробиологические показатели копчёно-запечённого галантина

Table 3.

Microbiological parameters of smoked-baked galantine

Наименование показателя Name of indicator	Образцы копчёно-запеченного галантина Samples of smoked-baked galantine			
	Контрольный образец Control sample	Экспериментальные образцы Experimental sample		
		№ 1		№ 1
КМАФАнМ, КОЕ в 1 г продукции, АМАОнМ, CFU in 1 g of product	1 сутки, day 1×10 ¹ 3 сутки, day 1×10 ¹ 5 сутки, day 1×10 ³	1 сутки, day 1×10 ¹ 3 сутки, day 1×10 ¹ 5 сутки, day 1×10 ³	1 сутки, day 1×10 ¹ 3 сутки, day 1×10 ¹ 5 сутки, day 1×10 ³	1 сутки, day 1×10 ¹ 3 сутки, day 1×10 ¹ 5 сутки, day 1×10 ³
Бактерии группы кишечной палочки в 1г продукта E. coli group bacteria in 1G of product	Не обнаружено Not detected			
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы в 25 г. продукта Pathogenic microorganisms, including Salmonella in 25 g of product	Не обнаружено Not detected			
Сульфитредуцирующие клостридии в 0,1 г продукта Sulfureuse, which is accompanied clostridia in 0.1 g of product	Не обнаружено Not detected			
S. aureus в 0,1 г продукта S. aureus in 0.1 g product	Не обнаружено Not detected			

Таблица 4.

Пищевая и энергетическая ценность копчёно-запечённого галантина

Table 4.

Nutritional and energy value of smoked and baked galantine

Образцы Sample	Пищевая ценность в 100 г. продукта, г Nutritional value per 100 g of product, g			Энергетическая ценность, ккал Energy value, kcal
	Белок Protein	Жир Fat	Углеводы Carbohydrates	
Контрольный образец Control sample	19,0	30,0	–	346,0
Образец № 1 (5% перца) Sample № 1 (5% pepper)	17,1	27,0	0,2	312,2
Образец № 2 (10% перца) Sample № 2 (10% pepper)	15,2	24,0	0,4	278,4
Образец № 3 (15% перца) Sample № 3 (15% pepper)	13,3	21,0	0,7	245,0

При замене мясного сырья в рецептуре опытных образцов незначительно снизился выход готового продукта с 75,0% (контрольный образец) до 72,0% (образец № 3).

Расчет экономической эффективности проводился на основании полученных данных путем калькуляции сырьевой себестоимости производства 1 кг галантина, расчетов затрат на заработную плату, электроэнергию, цеховые и прочие затраты.

Отпускные цены взяты исходя из мониторинга цен на аналогичную продукцию разных производителей в супермаркетах г. Нижний Новгород и Нижегородской области – «Перекресток», «Ашан», «Спар», «Магнит», «Пятерочка», торговой сети «Мяснов».

Во внимание принималась мясная продукция, выработанная как по традиционной

технологии, так и в соответствии с требованиями технических условий.

Экономическая эффективность производства копчёно-запечённого галантина представлена в таблице 5.

Проанализировав полученные результаты экономических расчетов эффективности производства копчёно-запечённого галантина, выработанного по традиционной технологии и с добавлением болгарского перца в различном количестве, можно сделать вывод о том, что по мере увеличения количества заменяемого мясного сырья на болгарский перец возрастает уровень рентабельности производства с 14,9% (контрольный образец) до 20,7% (опытный образец № 3 с заменой мясного сырья на 15,0% болгарским перцем).

Экономическая эффективность производства мясной продукции в год

Table 5.

Economic efficiency of meat production per year

Показатели Indicator	Образцы копчёно-запечённого галантина Samples of smoked baked galantin			
	Контрольный образец Control sample	Образец № 1 Sample № 1	Образец № 2 Sample № 2	Образец № 3 Sample № 3
Годовой объём производства, т Annual output, t	12,5	12,5	12,5	12,5
Себестоимость 1 кг, руб. Cost of 1 kg, RUB.	291,55	285,45	280,55	277,37
Полная себестоимость, тыс. руб. Total cost, thousand rubles	3644,38	3568,13	3506,88	3467,13
Цена реализации 1 кг, руб. Selling price of 1 kg, rubl.	335,00	335,00	335,00	335,00
Денежная выручка, тыс. руб. Cash proceeds, thousand rubles	4187,50	4187,50	4187,50	4187,50
Годовая прибыль, тыс. руб. Annual profit, thousand rubles	543,1	619,37	680,62	720,3
Уровень рентабельности, % Level of profitability, %	14,9	17,4	19,4	20,7

При производстве 50 кг копчёно-запечённого галантина в смену возможный размер прибыли в год будет составлять более 700 тыс. руб.

Выводы

1. Потребительские свойства опытных образцов, особенно образец № 3 (с 15,0% перца) выгодно отличаются от контрольного образца. По результатам оценки органолептических показателей предпочтение отдано образцу № 3.
2. Результаты микробиологических исследований подтвердили гарантированную безопасность всех образцов на протяжении всего срока хранения.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Лаврёнова З.И., Денисюк Е.А., Залётова Т.В. Влияние пророщенной пшеницы на качество, пищевую ценность, безопасность и экономическую эффективность рубленых полуфабрикатов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2017. № 2. С. 68–73.
- 2 ГОСТ Р 52349–2005 Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения.
- 3 Назарова Н.Е. Инновации в технологии производства продуктов здорового питания // Современная наука: инновации, гипотезы, открытия. Материалы и доклады всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Княгинино: Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, 2017. С. 222–225.
- 4 Silva F., Domingues F. C., Nerin C. Trends in microbial control techniques for poultry products // Critical reviews in food science and nutrition. 2018. V. 58. № 4. P. 591-609.
- 5 Wang H. et al. Rapid and Sensitive Detection of *Campylobacter jejuni* in Poultry Products Using a Nanoparticle-Based Piezoelectric Immunosensor Integrated with Magnetic Immunoseparation // Journal of food protection. 2018. V. 81. № 8. P. 1321-1330.

3. По мере увеличения количества заменяемого мясного сырья на болгарский перец значительно снижается энергетическая ценность 100 г. копчёно-запечённого галантина с 346,0 ккал (контрольный образец) до 245,0 ккал (образец № 3) или уменьшается на 29,2%.

4. По мере увеличения количества заменяемого мясного сырья болгарским перцем возрастает уровень рентабельности производства копчёно-запечённого галантина с 14,9% (контрольный образец) до 20,7% (образец № 3).

- 6 Aziz M., Karboune S. Natural antimicrobial /antioxidant agents in meat and poultry products as well as fruits and vegetables: a review // Critical reviews in food science and nutrition. 2018. V. 58. № 3. P. 486-511.

- 7 Глотова И.А., Курчаева Е.Е., Ухина Е.Ю., Рязанцева А.О. Подходы к получению и применению микробной трансглутаминазы в эмульгированных мясо-растительных системах // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. №79(4). С. 210-219. DOI 10.20914/2310-1202-2017-4-210-219

- 8 Park S. H. et al. Current and emerging technologies for rapid detection and characterization of *Salmonella* in poultry and poultry products // Food microbiology. 2014. V. 38. P. 250-262.

- 9 Жуков И.В., Ушкова А.А. Изучение причин нарушений обмена веществ и низкой напряжённости специфического иммунитета у кур-несушек // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. №4. С. 125-128.

- 10 Ahmed O. M. et al. The occurrence of *Listeria monocytogenes* in retail ready-to-eat meat and poultry products related to the levels of acetate and lactate in the products // Food Control. 2015. V. 52. P. 43-48.

REFERENCES

- 1 Lavrenova Z.I., Denisuk E.A., Zaletova T.V. Influence of sprouted wheat on the quality, nutritional value, safety and cost-effectiveness of chopped semi-finished products. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Michurinsky State Agrarian University] 2017. no. 2. pp. 68–73. (in Russian)
- 2 GOST R 52349–2005 Produkty pishchevye Produkty pishchevye funktsionalnye Terminy i opredeleniia [Food products. Functional food products. Terms and Definitions] (in Russian)
- 3 Nazarova N.E. Innovations in the technology of healthy food production. *Sovremennaiia nauka innovatsii gipotezy otkrytiia Materialy i doklady vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Modern science: innovations, hypotheses, discoveries. Materials and reports of the all-Russian scientific-practical conference with international participation] Knyaginino, Nizhny Novgorod State Engineering and Economics Institute, 2017. pp. 222–225 (in Russian).
- 4 Silva F., Domingues F. C., Nerin C. Trends in microbial control techniques for poultry products. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2018. vol. 58. no. 4. pp. 591–609.
- 5 Wang H. et al. Rapid and Sensitive Detection of *Campylobacter jejuni* in Poultry Products Using a Nano-particle-Based Piezoelectric Immunosensor Integrated with

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Зинаида И. Лаврёнова старший преподаватель, кафедра товароведения и переработки продукции животноводства, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, г. Нижний Новгород, пр-т Гагарина, 97, lavrenova.zinaida@yandex.ru

Наталья Е. Назарова к.т.н., доцент, кафедра товароведения и переработки продукции животноводства, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, г. Нижний Новгород, пр-т Гагарина, 97, nazarova-nnsaa@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Зинаида И. Лаврёнова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

Наталья Е. Назарова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 05.06.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 16.07.2018

Magnetic Immunoseparation. *Journal of food protection*. 2018. vol. 81. no. 8. pp. 1321–1330.

6 Aziz M., Karboune S. Natural antimicrobial/antioxidant agents in meat and poultry products as well as fruits and vegetables: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2018. vol. 58. no. 3. pp. 486–511.

7 Glotova I.A., Kurchaeva E.E., Ukhina E.Y., Ryazantseva A.O. Approaches to the production and use of microbial transglutaminase in emulsified meat and vegetable systems. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies] 2017. no. 79(4). pp. 210–219. DOI 10.20914/2310-1202-2017-4-210-219 (in Russian)

8 Park S. H. et al. Current and emerging technologies for rapid detection and characterization of *Salmonella* in poultry and poultry products. *Food microbiology*. 2014. vol. 38. pp. 250–262.

9 Zhukov I.V., Ushkova A.A. The study of the causes of metabolic disorders and low intensity of specific immunity in laying hens. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies] 2015. no. 4. pp. 125–128 (in Russian)

10 Ahmed O. M. et al. The occurrence of *Listeria monocytogenes* in retail ready-to-eat meat and poultry products related to the levels of acetate and lactate in the products. *Food Control*. 2015. vol. 52. pp. 43–48.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Zinaida I. Lavrenova senior lecturer, Commodity research and processing of livestock products department, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Gagarin Avenue, 97, Nizhny Novgorod, Russia, lavrenova.zinaida@yandex.ru

Natal'ya E. Nazarova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Commodity research and processing of livestock products department, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Gagarin Avenue, 97, Nizhny Novgorod, Russia, nazarova-nnsaa@mail.ru

CONTRIBUTION

Zinaida I. Lavrenova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Natal'ya E. Nazarova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 6.5.2018

ACCEPTED 7.16.2018

Облучение биологических объектов с применением ионизационного пучка с целью ингибирования условно-патогенной и патогенной микрофлоры сельскохозяйственного сырья

Михаил А. Завьялов	¹	grachev@mail.yandex.ru
Валерий А. Кухто	¹	grachev@mail.yandex.ru
Наталья В. Илюхина	¹	inv63@mail.ru
Анастасия Ю. Колоколова	¹	aykolokolova@mail.yandex.ru

¹ ФГБНУ ВНИИТЭК, Московская область, Ленинский район, г Видное ул. Школьная 78

Реферат. Использование радиационных технологий в сельском хозяйстве и пищевой промышленности является общемировой тенденцией. Мировые потери продовольственной продукции на всех этапах производства достигают 30 процентов, особенно существенные потери плодовоовощной продукции. Радиационная обработка пищевой продукции способствует подавлению развития патогенных микроорганизмов и, тем самым, продлению сроков хранения. Несмотря на многочисленные исследования в данной области, существующие методы облучения требуют дополнительной оптимизации для обеспечения возможности эффективного применения облучения для всех видов плодовоовощной продукции. Данная работа посвящена изучению эффективности облучения модельных систем содержащих условно-патогенную микрофлору пучками электронов с энергией 10 МэВ. Целью данных исследований является изучение эффективности применения облучения ионизационным пучком для подавления патогенных микроорганизмов, обуславливающих бактериальное загрязнение продуктов питания. В связи с этим были поставлены следующие задачи: определить степень устойчивости исследуемых микроорганизмов; определить различия между горизонтальным и вертикальным расположениями образцов при облучении. Результаты исследований показали, что, наиболее устойчивыми к ионизационному облучению оказались штаммы *Salmonella*, менее устойчивым – *S. aureus*. Отмечено различие полученных результатов для вертикального и горизонтального расположения образцов. При обработке образцов с исследуемыми штаммами культур в диапазоне доз от 4 до 5 кГр наблюдается увеличение роста микроорганизмов для всех условий обработки, а в остальных изучаемых диапазонах их ингибирование. Показана необходимость учитывать не только эффективность угнетения микрофлоры на конкретных продуктах, но и эффективность установки для конкретного образца.

Ключевые слова: ионизационная обработка, *S. aureus*, *Salmonella*

Irradiation of biological objects using an ionization beam in order to inhibit conditionally pathogenic and pathogenic microflora of agricultural raw materials

Mihail A. Zavyalov	¹	grachev@mail.yandex.ru
Valerii A. Kuhto	¹	grachev@mail.yandex.ru
Natal'ay V. Ilyuhina	¹	inv63@mail.ru
Anastasiya Yu. Kolokolova	¹	aykolokolova@mail.yandex.ru

¹ All-Russia Research Institute of Preservation Technology, Shkolnaya str., 78, Vidnoe, 142703, Russia

Summary. The use of radiation technologies in agriculture and the food industry is a common worldwide trend. Global reduction of food products at all stages of production has reached 30 percent. Especially significant reduction is in fruits and vegetables production. Radiation treatment of food products helps to suppress the development of pathogenic microorganisms as a result it extends the storage periods. Despite numerous studies in this field, existing methods of irradiation require optimization in order to ensure the possibility of using irradiation for all types of fruit and vegetable products. This research work is focused on the study of the effectiveness of irradiation of model systems containing conditionally pathogenic microflora by electron beams with an energy of 10 MeV. The aim of these developments is to study the effectiveness of electron beam irradiation application to suppress pathogenic microorganisms that cause bacterial contamination of food products. In this regard, the following tasks were set: to determine the degree of investigated microorganism's stability and to find the differences between horizontal and vertical positions of the samples during irradiation. The developments showed that *Salmonella* and *E. coli* strains were the most resistant to ionizing radiation, while *S. aureus* strains were less resistant. The difference of obtained results for vertical and horizontal positioning of the samples was noted. When processing samples with studied strains of cultures in the dose range from 4 to 5 kGy, there is an increase in the growth of microorganisms for all processing conditions. In the remaining studied ranges their inhibition are observed. It is important to take into account not only the effectiveness of the oppression of microflora on specific products, but also the efficiency of the installation for a specific sample.

Keywords: ionization treatment, electron beam, *S. aureus*, *Salmonella*

Для цитирования

Завьялов М.А., Кухто В.А., Илюхина Н.В., Колоколова А.Ю. Облучение биологических объектов с применением ионизационного пучка с целью ингибирования условно-патогенной и патогенной микрофлоры сельскохозяйственного сырья // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 278–282. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-278-282

For citation

Zavyalov M.A., Kyhto V.A., Ilyuhina N.V., Kolokolova A.Yu. Irradiation of biological objects using an ionization beam in order to inhibit conditionally pathogenic and pathogenic microflora of agricultural raw materials. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 278–282. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-278-282

Введение

Ключевой задачей пищевой промышленности является обеспечения качества и безопасности пищевой продукции, согласно нормативной документации. Вопросы продовольственной безопасности продуктов питания и сырья не утрачивают своей актуальности [1]. Для получения натуральных и высококачественных продуктов питания является плодоовощное сырье. Технологии переработки плодов и овощей должны быть направлены на рациональное использование продуктов питания и сырья с сохранением пищевой ценности компонентов сырья и увеличением гарантийных сроков хранения готовой продукции, однако полноценно стабилизировать процесс сохранности, пока не удается. Проблема заключается в том, что в процессе хранения в результате микробиологической контаминации происходит порча продукта, а также в не переработанной плодоовощной продукции не прекращаются процессы жизнедеятельности от сбора урожая до употребления человеком, поддержание этих процессов на минимальном уровне, способствует сохранности сырья [1, 3]. Присутствие на поверхности свежих овощей и фруктов условно-патогенных и патогенных микроорганизмов представляет собой наиболее значительную угрозу для сохранности этих продуктов. Имеются многочисленные исследования, в которых было показано, что уровень размножения популяций этих микроорганизмов зависит от многих факторов, таких как: видовое разнообразие и физические характеристики продукции; вид штамма микроорганизма; уровень начальной обсемененности продукции; температуры хранения и других характеристик. Таким образом, одним из важных вопросов является изучение методов, позволяющих обеспечить снижение контаминации пищевых продуктов, сохраняя при этом пищевую ценность готового продукта на длительный срок [1–5]. На сегодняшний день разработаны многочисленные методы для контроля порчи продуктов и повышения их безопасности [2]. К ним относятся такие технологии как: консервирование, пастеризация, заморозка, сушка, стерилизация, облучение [2].

С 2015 года в России последовательно вводятся нормативные документы в направлении по облучению пищевых продуктов [13–17]. В данных руководствах представлены характерные режимы обработки сухого плодоовощного сырья и фитосанитарной обработки свежей сельскохозяйственной и мясной продукции. После принятия основной нормативно-правовой базы на сегодняшний день требуется разработка технических регламентов облучения отдельных продуктов питания на конкретных радиационных

установках. В основу разработки технических регламентов по уничтожению микроорганизмов должны быть положены исследования фундаментального характера на разных модельных средах.

Только на основе моделирования можно спрогнозировать и обеспечить распределения дозы с гарантией угнетения нежелательной микрофлоры, находящейся как на поверхности, так и внутри продукта [1].

В связи с этим целью работы являлось изучение параметров инаktivации условно-патогенных и патогенных микроорганизмов *Salmonella*, *S. aureus* в различных режимах облучения.

Таким образом, к изучению влияния ионизирующего облучения на пищевую продукцию и сельскохозяйственное сырье необходимо подходить комплексным решением задач, основанных на характеристиках изучаемой продукции таких как:

- физико-химические свойства продукта;
- обсемененность продукта до и после облучения (зная величину, исходной обсемененности продукта, можно рассчитать дозу, после облучения которой, количество живых клеток достигнет нормируемого уровня);
- устойчивость к воздействию ионизирующих излучений у различных микроорганизмов [3].

Целью исследований являлось изучение эффективности применения облучения электронным пучком для подавления патогенных микроорганизмов и изучение характера их угнетения при облучении в горизонтальном и вертикальном расположении образцов, обеспечивающим различное по площади пятно контакта образца с воздухом.

Материалы и методы

В исследовании по эффективности угнетения микроорганизмов использовали следующие штаммы: *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 (f-49) 2 полученный из штамма ВКМ 201189 и *Salmonella enterica subsp. Enterica serovar Typhimurium* ATCC 140283. Облучение полученных модельных систем проводили на ускорителе

Модельные системы облучали дозами ионизационного облучения в интервале 0–10 кГр.

Аналогичные работы были проведены исследователями [1, 6–12], которые показали эффективность облучения по инаktivации условно-патогенной и патогенных микроорганизмов на различных объектах исследования.

Во многих работах указано, что эффективность облучения может зависеть от геометрических параметров объекта облучения, однако экспериментальных исследований в данной области отсутствуют в необходимом количестве.

В связи с этим было принято решения об исследовании одинаковых объектов, облучённых как вертикально, так и горизонтально. В качестве носителя культуры была выбрана твердая питательная среда, приготовленная по ГОСТ 11133–1–2014 п 3.2.7 на основе мясного бульона с добавлением бактериологического агара. Инокуляцию модельных систем проводили следующим образом: суспензию, содержащую определенное количество микроорганизмов одной из изучаемых культур, вносили в пробирки, содержащие 5 мл твердой незастывшей среды из расчета 2 % инокулята от массы среды.

Процесс облучения контролировался пленочными дозиметрами, расположенными вблизи пробирок и внутри пробирок с аналогом субстрата.

Эффективность облучения определяли путем исследования остаточной микрофлоры образцов подвергшиеся различной интенсивностью облучения согласно действующей нормативной документации по определению количество мезофильно-аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов ГОСТ 10444.15–95.

Результаты и обсуждение

Результаты исследований показали различную устойчивость изучаемых штаммов микроорганизмов к ионизационному облучению (рисунок 1).

Исследования по эффективности угнетения различных видов микроорганизмов на твердой среде при вертикальном расположении образцов при облучении (рисунок 2), показали, что наиболее устойчивыми микроорганизмами оказались *Salmonella*, (грамотрицательные) менее устойчивым *S aureus* (грамположительные).

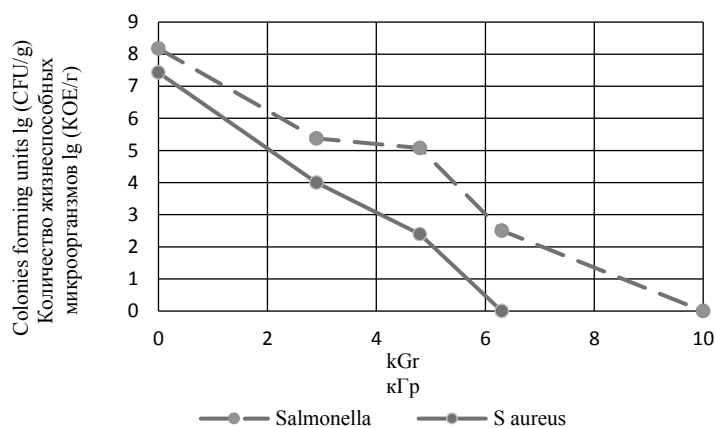


Рисунок 1. Эффективность облучения культур *Salmonella*, *S. aureus* при вертикальном расположении образцов. Более радиочувствительным из изучаемых микроорганизмов к облучению оказался *S. aureus*

Figure 1. Effectiveness of irradiation of crops *Salmonella*, *S. aureus* at the vertical location of the specimens. More sensitive microorganisms to irradiation turned out to be *S. aureus*

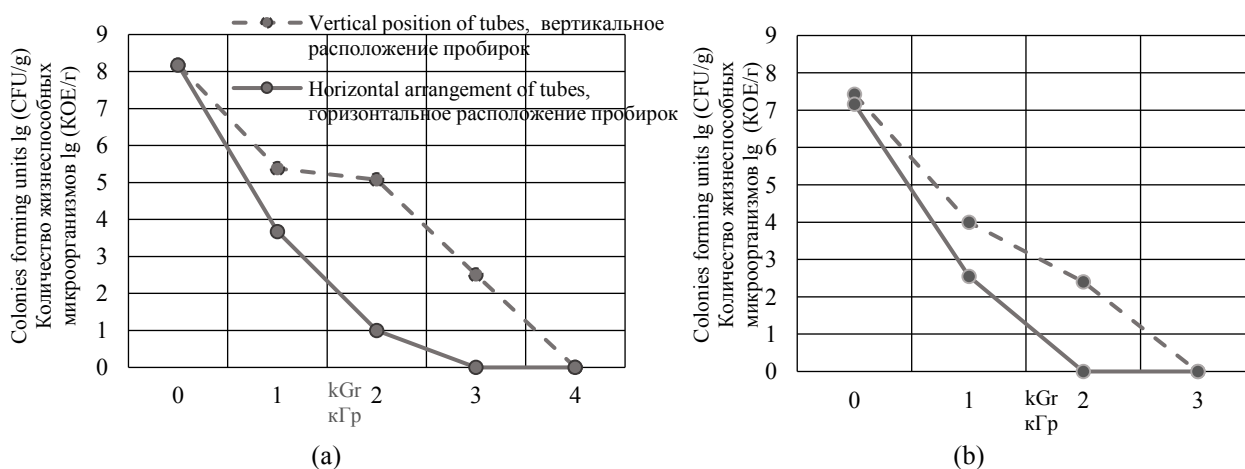


Рисунок 2. Ингибирование культуры *Salmonella*^a и *S. aureus*^b в горизонтальном расположении пробирок и вертикальном расположении пробирок

Figure 2. Inhibition of *Salmonella*^a and *S. aureus*^b horizontal arrangement of tubes, vertical position of tubes

Снижение начального микробного количества культуры *Salmonella* при облучении интенсивностью 3 кГр в горизонтальном расположении снизилось lg (с 8.1 до 3.67), в вертикальном расположении lg (с 8.1 до 5.3). При интенсивности облучения 5кГр в горизонтальном расположении снизилось lg (с 8.1 до 1.0), при вертикальном расположении lg (с 8.1 до 5.07). При интенсивности облучения в 7–10 кГр наблюдается полное угнетение начальной степени обсеменения, для горизонтального расположения, в вертикальном расположении при 10 кГр также наблюдается полное угнетение микроорганизмов, а при 7 кГр lg (с 8.1 до 2.5).

Исследования образцов содержащих культуру *Salmonella* показали, что наиболее эффективный вариант угнетения патогенной микрофлоры при облучении в горизонтальном расположении пробирки.

Снижение начального микробного количества культуры *S. aureus* при облучении интенсивностью 3 кГр в горизонтальном расположении снизилось lg (с 7.1 до 1), в вертикальном расположении lg (с 7.4 до 5.0). При интенсивности облучения 5кГр в горизонтальном расположении снизилось lg (с 7.1 до 0), в вертикальном расположении lg (с 7.4 до 2.5). При интенсивности

облучения в 7–10 кГр наблюдается полное угнетение начальной степени обсеменения.

Аналогичные исследования [1, 3, 5, 7–12] также показывают эффективность угнетения условно-патогенной и патогенной микрофлоры на различных объектах пищевой продукции таких как мясо, рыба, фрукты, люцерна, молоко и т. д. Результаты представленные в данной работе дополняют проведенные уже ранее исследования, и показывают значимость работ не только с точки зрения эффективности облучения на определенные объекты, но и зависимость различных геометрических параметров на снижение микробиологической обсеменённости, что необходимо рассчитывать при разработке режимов облучения для каждого объекта.

Выводы

Из изученных культур, наиболее устойчивыми к ионизирующему облучению оказались штамм *Salmonella* (грамотрицательные), менее устойчив штамм микроорганизмов *S. aureus* (грамположительные). Отмечено различие результатов для вертикального и горизонтального расположения пробирок. Наиболее эффективное расположение образцов при облучении является горизонтальное.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Чиж Т.В., Козьмин Г.В., Полякова Л.П., Мельникова Т.В. Радиационная обработка как технологический прием в целях повышения уровня продовольственной безопасности // Вестник Российской Академии Естественных Наук. 2011. № 4. С. 44–49.
- 2 Кузин А.М. Идеи радиационного гормезиса в атомном веке. М.: Наука, 1995. 158 с.
- 3 Sumner S.S., Wallner-Pendleton E.A., Froning G.W., Stetson L.V. Inhibition of *Salmonella typhimurium* on agar medium and poultry skin by ultraviolet energy // J Food Prot. 1996. № 59(3). P. 319–21.
- 4 Ян ван Козей Лучевая обработка пищевых продуктов // Бюллетень МАГАТЭ. Т. 23. № 3.
- 5 Павлов А.Н. Исследование радиобиологических показателей эффективности экспериментально-производственного процесса радиационной обработки сельскохозяйственной продукции растительного происхождения. 2016.
- 6 Acharya N.G. Food irradiation and development of an alternative method for the detection of 2-alkylcyclobutanone by amit kumar b.v.sc & a.h. India: Ranga Agricultural University, 2004.
- 7 Thayer D.W., Boyd G., Fett W.F. Synergy Between Irradiation and Chlorination in Killing of *Salmonella*, *Escherichia coli* O157:H7, and *Listeria Monocytogenes* // Journal of food science. 2006. V. 71. № 6.
- 8 Mervat A.M. Abostate, Dalia A. Zahran, Hala N. El. Hifnawi Incidence of *Bacillus cereus* in Some Meat Products and the Effect of Gamma Radiation on Its Toxin(s) // International journal of agriculture & biology. URL: 1560–8530/2006/08–1–1–4 <http://www.fspublishers.org>

- 9 Hossein Ahari Mostafavi, Seyed Mahyar Mirmajlessi, Hadi Fathollahi The Potential of Food Irradiation: Benefits and Limitations. URL: www.intechopen.com

- 10 Ruth Kava Irradiated foods. 2003

- 11 Vytuolis Z., Jūtutė R., Romualdas M., Algis N. et al. Effect of low intensity laser radiation on cows milk microflora and somatic cell count // Medycyna Wet. 2008. № 64 (1).

- 12 Wilson Wijeratnam' R.S., Sivakumar' D., Ratnayaka A. Effect of gamma irradiation on micro-organisms, essential oil content and volatile oil component of spice // J. food. sci. agric. 2000. №3(1). P. 82–85.

- 13 ГОСТ 33340–2015 Пищевые продукты, обработанные ионизирующим излучением. Общие положения

- 14 ГОСТ ISO 14470–2014 Радиационная обработка пищевых продуктов. Требования к разработке, валидации и повседневному контролю процесса облучения пищевых продуктов ионизирующим излучением.

- 15 ГОСТ 33271–2015 Пряности сухие, травы и приправы овощные. Руководство по облучению в целях борьбы с патогенными и другими микроорганизмами

- 16 ГОСТ 33302–2015 Продукция сельскохозяйственная свежая. Руководство по облучению в целях фитосанитарной обработки, Мясо свежее и мороженое. Руководство по облучению для уничтожения паразитов, патогенных и иных микроорганизмов

- 17 ГОСТ 33825–2016 Полуфабрикаты из мяса упакованные. Руководство по облучению для уничтожения паразитов, патогенных и иных микроорганизмов

REFERENCES

- 1 Chizh T.V., Kozmin G.V., Polyakova L.P., Melnikova T.V. Radiation processing as a technological method in order to increase the level of food security. *Vestnik RAN* [Bulletin of the Russian Academy of Natural Sciences] 2011. no. 4. pp. 44–49. (in Russian)
- 2 Kuzin A.M. Idei radiatsionnogo gormezisa v atomnom veke [The ideas of radiation hormesis in the atomic age] Moscow, Nauka, 1995. 158 p. (in Russian)
- 3 Sumner S.S., Wallner-Pendleton E.A., Froning G.W., Stetson L.V. Inhibition of *Salmonella typhimurium* on agar medium and poultry skin by ultraviolet energy. *J Food Prot.* 1996. no. 59(3). pp. 319–21.
- 4 Jan van Koei Radiation processing of food products. *Byulleten; MAGATE* [IAEA Bulletin] vol. 23. no. 3. . (in Russian)
- 5 Pavlov A.N. Issledovanie radiobiologicheskikh pokazatelei effektivnosti eksperimentalno-proizvodstvennogo protsessa radiatsionnoi obrabotki selskokhoziaistvennoi produktsii rastitelnogo proiskhozhdeniia [The study of radiobiological indicators of the efficiency of the experimental-production process of radiation processing of agricultural products of plant origin] 2016 (in Russian)
- 6 Acharya N.G. Food irradiation and development of an alternative method for the detection of 2-alkylcyclobutanone by amit kumar b.v.sc & a.h. India: Ranga Agricultural University, 2004.
- 7 Thayer D.W., Boyd G., Fett W.F. Synergy Between Irradiation and Chlorination in Killing of *Salmonella*, *Escherichia coli* O157:H7, and *Listeria Monocytogenes*. *Journal of food science*. 2006. vol. 71. no. 6.
- 8 Mervat A.M. Abostate, Dalia A. Zahran, Hala N. El. Hifnawi Incidence of *Bacillus cereus* in Some Meat Products and the Effect of Gamma Radiation on Its Toxin(s). *International journal of agriculture & biology*. Available at: 1560–8530/2006/08–1–1–4 <http://www.fspublishers.org>
- 9 Hossein Ahari Mostafavi, Seyed Mahyar Mirmajlessi, Hadi Fathollahi The Potential of Food Irradiation: Benefits and Limitations. Available at: www.intechopen.com

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Михаил А. Завьялов д.т.н., профессор, ФГБНУ ВНИИТЭК, Московская область Ленинский район г Видное ул. Школьная 78, grachev@mail@yandex.ru

Валерий А. Кухто , ФГБНУ ВНИИТЭК, Московская область Ленинский район г Видное ул. Школьная 78, grachev@mail@yandex.ru

Наталья В. Илюхина к.х.н., ФГБНУ ВНИИТЭК, Московская область Ленинский район г Видное ул. Школьная 78, inv63@mail.ru

Анастасия Ю. Колоколова к.т.н., ФГБНУ ВНИИТЭК, Московская область Ленинский район г Видное ул. Школьная 78, aykolokolova@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 20.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.07.2018

10 Ruth Kava Irradiated foods. 2003

11 Vytuolis Z., Jūratė R., Romualdas M., Algis N. et al. Effect of low intensity laser radiation on cows milk microflora and somatic cell count. *Medycyna Wet.* 2008. no. 64 (1).

12 Wilson Wijeratnam' R.S., Sivakumar' D., Ratnayaka A. Effect of gamma irradiation on microorganisms, essential oil content and volatile oil component of spice. *J. food. sci. agric.* 2000. no. 3(1). pp. 82–85

13 GOST 33340-2015 Pishchevye produkty obrabotannye ioniziruiushchim izlucheniem Obshchie polozeniia [Food products treated with ionizing radiation. Generalities] (in Russian)

14 GOST ISO 14470-2014 Pishchevye produkty obrabotannye ioniziruiushchim izlucheniem Obshchie polozeniia [Radiation treatment of food products. Requirements for the development, validation and day-to-day monitoring of food irradiation with ionizing radiation] . (in Russian)

15 GOST 33271-2015 Prianiosti sukhie travy i pripravy ovoshchnye Rukovodstvo po oblucheniiu v tseliakh borby s patogennymi i drugimi mikroorganizmami [Spices, herbs and vegetable seasonings. Guidance on training to control pathogens and other microorganisms] (in Russian)

16 GOST 33302-2015 Produktiia selskokho ziaistvennaia svezhaia Rukovodstvo po oblucheniiu v tseliakh fitosanitarnoi obrabotki Miaso svezhee i morozhenoe Rukovodstvo po oblucheniiu dlia unichtozheniia parazitov patogennykh i inkh mikroorganizmov [Products of farm fresh. Manual training for phytosanitary treatment, Meat fresh and frozen. Training manual for the destruction of parasites, pathogens and other microorganisms] (in Russian)

17 GOST 33825-2016 Polufabrikaty iz miasa upakovannye Rukovodstvo po oblucheniiu dlia unichtozheniia parazitov patogennykh i inkh mikroorganizmov [semi-Finished products from meat Packed. Training manual for the destruction of parasites, pathogens and other microorganisms] (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Mihail A. Zavyalov doctor of technical sciences, professor, All-Russia Research Institute of Preservation Technology, Russia, 142703, Vidnoe 78, Shkolnaya str., 78, Vidnoe, 142703, Russia, grachev@mail@yandex.ru

Valerii A. Kuhto , All-Russia Research Institute of Preservation Technology, Shkolnaya str., 78, Vidnoe, 142703, Russia, grachev@mail@yandex.ru

Natal'ay V. Ilyuhina candidate of chemical sciences, All-Russia Research Institute of Preservation Technology, Shkolnaya str., 78, Vidnoe, 142703, Russia, inv63@mail.ru

Anastasiya Yu. Kolokolova candidate of technical sciences, All-Russia Research Institute of Preservation Technology, Shkolnaya str., 78, Vidnoe, 142703, Russia, aykolokolova@yandex.ru

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.20.2018

ACCEPTED 7.20.2018

Использование табачного сырья Доха для изготовления кальянных смесей

Наталья Н. Матюхина¹ tabak.technolog@rambler.ru

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, ул. Московская, 42, г. Краснодар, 350072, Россия

Реферат. В последнее время табак Доха стал популярен среди потребителей табачной продукции. Широкое распространение продукта «TurboDokha» объясняется богатым натуральным вкусом, высокой крепостью и отсутствием синтетических добавок. Потребление высококачественного продукта происходит при помощи особой трубки с маленькой емкостью для табака. Кроме того, табак Доха стал популярен среди потребителей кальяна. Объектом исследований служило табачное сырье Доха для использования при изготовлении кальянных смесей. Опытные образцы кальянной смеси были изготовлены из табачного сырья американского и восточного типов и табака Доха в различном процентном соотношении. Проведена органолептическая оценка табачного сырья по показателям: аромат, цвет, размер центральной жилки. Цель исследований - установление динамики изменения содержания никотина в аэрозоле кальянных смесей, содержащие табак Доха в разном процентном соотношении. Определен химический состав табачного сырья. Максимальное содержание никотина наблюдается у табачного сырья Доха. Опытные образцы изготавливались без добавления ароматизаторов. Проведена дегустационная оценка образцов. Высокую оценку получили образцы кальянных смесей с содержанием табаков американского типа Вирджиния 202 и Берлей 413. Это объясняется тем, что листья этих табаков имеют рыхлую структуру и хорошо впитывают соус, что является важным для изготовления кальянных смесей. Определено содержание никотина в продуцируемом аэрозоле, при прокуривании на курительной машине. Установлено, что добавляя в кальянную смесь табачное сырье Доха, можно регулировать крепость конечного табачного продукта. Однако, целесообразно использование табачного сырья Доха для создания кальянных смесей только в сочетании с табаками американского типа

Ключевые слова: табак, табачное сырье, смесь для кальяна, химический состав, органолептическая оценка, аэрозоль, никотин, монооксид углерода, аромат, вкус, крепость

Utilizing Doha tobacco for hookah blend production

Natalia N. Matyukhina¹ tabak.technolog@rambler.ru

¹ All-Russian Research Institute of tobacco, makhorka and tobacco products, Moskovskaya St, 42, Krasnodar, 350072, Russia

Summary. Doha tobacco is becoming popular among tobacco consumers lately. Wide spread of “Turbo Doha” product can be explained by its rich natural taste, high strength and absence of synthetic additives. Smoking is carried by utilizing special pipe with little tobacco chamber. Besides this, Doha tobacco has become popular among hookah smokers. Doha tobacco for hookah blend production was the object of the research. Experimental samples of hookah blend were made of American Oriental and Doha types of tobacco in different proportions. Organoleptic evaluation of cured tobacco was carried by aroma, color and midrib size indicators. Aim of the research was evaluation of nicotine content in aerosol of hookah blend depending on Doha content. Chemical composition of cured tobacco was defined. Maximum nicotine content was in Doha tobacco. Experimental samples were made without flavor additives. Tasting of experimental samples was carried. Samples of hookah blends made of American type tobaccos Virginia 202 and Burley 413 were highly estimated. This can be explained that these tobaccos have loose structure and high absorption rate of casing, which are important for hookah blend production. Nicotine content in aerosol was defined by machine smoking. It was found that addition of Doha tobacco in hookah blend allows changing strength of final tobacco product. However, utilizing Doha tobacco for hookah blend production is preferable only in combination with American type tobaccos

Keywords: tobacco raw materials, hookah mixtures, chemical composition, organoleptic evaluation, aerosol, nicotine, carbon monoxide, flavor, taste, fortress

Введение

Исследования состава кальянных смесей в лаборатории технологии производства табачных изделий ФГБНУ ВНИИТТИ ведутся последние несколько лет.

Целью проведения данного эксперимента было установление:

- качества табачного продукта, содержащего Доху в разном процентном соотношении с табаками американского типа
- динамики изменения содержания никотина в аэрозоле кальянных смесей, продуцируемом табачным продуктом [1].

В последнее время табак Доха стал популярен среди потребителей табачной продукции. Широкое распространение продукта «TurboDokha» объясняется богатым натуральным вкусом, высокой крепостью и отсутствием различного рода добавок. Потребление этого высококачественного продукта происходит при помощи особой трубки с очень маленькой емкостью для табака (на 3–4 затяжки) с заостренной в виде лодочного носа, внешней частью. Длина трубки от 10 до 15 см [2]. В настоящее время наблюдается всплеск интереса к потреблению Дохи, но курят его нетрадиционным способом, набивая в сигарету.

Для цитирования

Матюхина Н.Н. Использование табачного сырья Доха для изготовления кальянных смесей // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 283–287. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-283-287

For citation

Matyukhina N.N. Utilizing Doha tobacco for hookah blend production. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 283–287. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-283-287

В связи с этим, возникла идея изготовить кальянные смеси, в составе которых используется Доха. Этот табак известен как высококачественный продукт, обладающий высокой крепостью и приятным, полным и гармоничным вкусом.

Добавляя в кальянный табак Доху, можно регулировать крепость аэрозоля кальяной смеси.

Материалы и методы

Объектами для исследований служили: табачное сырье восточного, американского типов, Доха и опытные образцы табака для кальяна с различным ингредиентным составом.

В процессе исследований использовали методы, общепринятые в табачной отрасли для определения содержания никотина, углеводов и белков, а также pH водного экстракта табачного сырья.

Органолептическую и дегустационную оценки табака для кальяна проводили по методикам, разработанным в лаборатории технологии производства табачных изделий ВНИИТТИ.

Для генерации дыма (пара) кальянной смеси использовалось следующее оборудование:

- чаша глиняная (Турция);
- кальян KhalilMamoon (длина 75 см, ширина шахты 15 мм), способ забивки – рыхлая с касанием;
- силиконовый шланг;
- калауд (устройство для подогрева чаши с помощью угля) и уголь YANHA.

Для получения влажного конденсата, газовой фазы аэрозоля использовали линейную курительную машину CERULEAN SM 405»

со специальной насадкой для подсоединения кальяна.

Задачи исследований:

- определение химического состава отобранных табаков;
- изготовление образцов табака для кальяна с различным ингредиентным составом;
- органолептическая и дегустационная оценка опытных образцов;
- тестирование образцов на курительной машине линейного типа Cerulean SM405;
- определение содержания никотина в аэрозоле;
- установление динамики изменения содержания никотина в аэрозоле кальянных смесей в зависимости от компонентного состава.

Для проведения эксперимента использовали табачное сырье Ориентал (Болгария) и, выращенное на экспериментальном поле ВНИИТТИ: Берлей 413, Вирджиния 202, Юбилейный и Доха [3].

Результаты и обсуждение

Результаты определения химического состава табачного сырья представлены в таблице 1.

Данные таблицы 1 показывают, что максимальное содержание никотина наблюдается у табачного сырья Доха.

Органолептическая оценка проводилась по показателям: аромат, цвет, размер центральной жилки.

В таблице 2 приведены результаты органолептической оценки отобранного табачного сырья.

Таблица 1.

Химический состав табачного сырья

Table 1.

Chemical composition of tobacco raw materials

Табачное сырье Tobacco Raw materials	Никотин, % Nicotine, %	Углеводы, % Carbohydrates, %	Белки, % Proteins, %	Дегустационная оценка, балл TastingScore	pH водного экстракта pH Water Extract
Юбилейный Краснодарский Anniversary Krasnodar	2,3	6,3	6,2	58	5,9
Вирджиния 202 Virginia 202	0,8	11,2	5,3	74	5,4
Берлей 413 Burley 413	2,8	1,2	8,9	64	6,3
Ориентал (Болгария) Oriental (Bulgaria)	1,4	7,2	8,1	68	4,9
Доха Doha	5,7	1,5	9,8	62	5,5

Органолептическая оценка табачного сырья

Table 2.

Органолептическая оценка табачного сырья

Табачное сырье Tobacco Raw materials	Цвет Color	Размер жилки Size Veins	Аромат листа Fragrance Sheet
Юбилейный Краснодарский Anniversary Krasnodar	Светло-коричневый Light brown	Средняя Average	Нейтральный Neutral
Вирджиния 202 Virginia 202	Желто-коричневый Yellow Brown	Крупная Large	Приятный табачный Pleasant Tobacco
Берлей 413 Burley 413	Красно-коричневый Red Brown	Очень крупная Very much Large	Слабый табачный Weak Tobacco
Ориентал (Болгария) Oriental (Bulgaria)	Оранжево-красный Orange Red	Тонкая Thin	Ярко выраженный, приятный Bright Expressed, Pleasant
Доха Doha	Желто-зеленый с оттенками бурого Yellow-green with shades of brown	Тонкая Thin	Приятный табачный Pleasant Tobacco

Опытные образцы кальянной смеси были изготовлены из табачного сырья американского и восточного типов и табака Доха в различном процентном соотношении.

При изготовлении кальянных смесей, в качестве соуса использовали следующие ингредиенты:

- глицерин;
- глюкозо-фруктозный сироп.

Способ приготовления соуса: взвешивался глицерин и глюкозо-фруктозный сироп в соответствии с разработанной ранее в лаборатории рецептурой. Затем смесь нагревалась и перемешивалась. Полученная равномерно перемешанная нагретая смесь наносилась на подготовленную табачную мешку [4].

Опытные образцы кальянной смеси изготавливали следующим образом: табачное сырье увлажняли паром, резали, отсеивали мелочь и пыль, заливали разогретым соусом (глицерин и глюкозо-фруктозный сироп) и выдерживали при температуре 100–120 °C в течение 1 час с периодическим перемешиванием.

Для исследований было изготовлено пять образцов: из табачного сырья Доха, с добавлением различных сортов табачного сырья американского и восточного типов в соотношении 80/20. Все образцы изготавливались без добавления ароматизаторов.

Дегустационная оценка опытных образцов кальянных смесей проводилась в соответствии с методикой [5] по показателям:

- вкус – 42 балла
- аромат – 34 балла
- крепость – 14 баллов
- горючесть – 10 баллов.

Вкус – показатель, характеризующий суммарные ощущения, воспринимаемые непосредственно органами вкуса. Показателями вкуса являются:

- Горечь – обуславливает неприятное ощущение горечи, возникающее во рту. Воспринимается средней и задней частью языка.
- Жжение – жгучесть, локализуемая на средней и задней части языка, неба и горла.
- Раздражение – остаточные вкусовые ощущения, воспринимаемые небом.
- Пустота – вкусовая ненасыщенность.

Аромат – показатель, характеризующий специфический запах дыма. **Крепость** – способность оказывать физиологическое воздействие на организм человека при курении, обусловлена наличием никотина и монооксида углерода.

Результаты дегустационной оценки представлены на рисунке 1

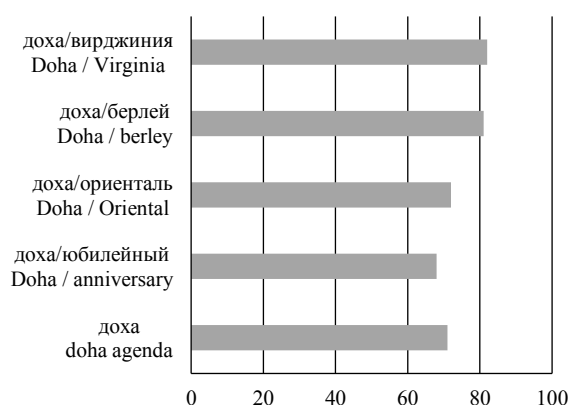


Рисунок 1. Дегустационная оценка опытных образцов кальянных смесей

Figure 1. Tasting evaluation of prototypes of hookah mixes

На рисунке 1 видно, что наилучшую дегустационную оценку получили образцы кальянных смеси с содержанием табаков американского типа Вирджиния 202 и Берлей 413. Это объясняется тем, что листья этих табаков более рыхлую структуру и хорошо впитывают соус, что является важным показателем качества кальянных смесей. Следовательно, чем больше соуса впитает табачное сырье, тем насыщенней будет вкус и плотнее дым, продуцируемый при потреблении продукта.

Следующий этап исследований – прокуривание опытных образцов на пятиканальной курительной машине линейного типа Cerulean SM405 со специальной насадкой для подсоединения кальяна. Прокуривание производили при следующих условиях:

- температура, °C 22 ± 2 ;
- относительная влажность воздуха, % 60 ± 5 .

Использовались следующие параметры прокуривания:

- объем затяжки – 350 мл;
- продолжительность затяжки – 3,5 с;
- количество затяжек – 60;
- интервал между затяжками – 19 с;
- навеска смеси – 15 г.

Для сбора конденсата был использован кембриджский фильтр диаметром 92 мм.

На рисунке 2 представлены кембриджские фильтры, используемые для сбора конденсата дыма, до и после прокуривания опытных образцов табака для кальяна.



Рисунок 2. Кембриджский фильтр до и после прокуривания одного образца кальянной смеси на курительной машине Cerulean SM405

Figure 2. Cambridge filter before and after smoking one sample of hookah mixture on a smoking machine Cerulean SM 405

Продуктом потребления кальянных смесей является продуцируемый высокодисперсный аэрозоль, физиологическую и вкусовую крепость которого определяют содержание никотина в смеси [6–10].

В таблице 3 представлены результаты исследования содержания никотина в аэрозоле, генерируемом кальянным табаком, при прокуривании на курительной машине и дегустационной оценки.

Таблица 3.

Дегустационная оценка и содержание никотина в аэрозоле опытных образцов кальянной смеси при прокуривании на курительной машине

Table 3.

Tasting evaluation and nicotine content in aerosol of experimental samples of hookah mixture when smoke with smoking machine

Образец Sample	Дегустационная оценка Tasting Score	Соотношение Дохи к другому табачному сырью, % The ratio of Doha to other tobacco raw materials, %	Содержание никотина, мг/мл Content Nicotine, Mg/Ml
Доха Doha	68	–	0,089
Юбилейный Краснодарский Anniversary Krasnodar	66	20	0,062
Вирджиния 202 Virginia 202	78	20	0,034
Берлей 413 Burley 413	76	20	0,065
Ориентал (Болгария) Oriental (Bulgaria)	70	20	0,047

Закключение

Результаты дегустационной оценки показывают – не смотря на то, что табачное сырье Доха обладает высокой крепостью и богатым

вкусом, целесообразно использовать его для создания кальянных смесей только в сочетании с табаками американского типа, имеющими рыхлую структуру листа.

ЛИТЕРАТУРА

1 Результаты исследований ингредиентного состава кальянных смесей, сб. матер. III Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых и аспирантов. Краснодар, 2016 г.

2 Message from founder. URL: <http://turbodokha.com/>

3 Отчет лаборатории технологии производства табачных изделий ФГБНУ ВНИИТТИ. Краснодар, 2017.

4 Совершенствование технологии изготовления смеси для кальяна повышенной безопасности, Москва, сб. науч. трудов 5-й конф. молодых учёных и специалистов институтов Отделения «Хранения и переработки с.-х. продукции» Россельхозакадемии. 2011.

5 Методика дегустационной оценки табака для кальяна // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2015. № 1

6 Kleszyk P. et al. Carbons with narrow pore size distribution prepared by simultaneous carbonization and self-activation of tobacco stems and their application to supercapacitors // Carbon. 2015. V. 81. P. 148-157.

7 Gao Y. C. et al. Difference analysis of main flue-cured tobacco varieties in raw material basement of Hongta tobacco (group) // Southwest China Journal of Agricultural Sciences. 2018. V. 31. №. 5. P. 917-922.

8 Waheed M. A. et al. RSM based optimization of biodiesel production from tobacco seed oil // Renewable energy and sustainable development. 2015. V. 5. P. 85-101.

9 Жабенцова О.А., Гнучих Е.В. Определение влажности табака для кальяна // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. №79(1). С. 257-263.

10 Студеникина Л.Н., Протасов А.В., Корчагин В.И., Шелкунова М.В. Технологические аспекты получения полимерной композиции для биофильтра с улучшенными иммобилизационными свойствами // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. №1. С. 150-153.

REFERENCES

1 Rezultaty issledovaniy ingredientnogo sostava kal'yannyh smesej, sb. mater. III Vseros. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenykh i aspirantov [The results of research of the ingredient composition of hookah mixtures,

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Наталья Н. Матюхина науч. сотрудник, лаборатория технологии производства табачных изделий, Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, ул. Московская, 42, г. Краснодар, 350072, Россия, tabak.technolog@rambler.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Наталья Н. Матюхина полностью подготовила рукопись и несет ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 29.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 17.08.2018

sat. mater. III vseros. scientific. –prakt. Conf. young scientists and graduate students] Krasnodar, 2016. (in Russian)

2 Message from founder. Available at: <http://turbodokha.com>

3 Otchet laboratorii tekhnologii proizvodstva tabachnyh izdelij FGBNU VNIITTI [Report of the laboratory of technology of production of tobacco products GNU VNIITTI] Krasnodar, 2017. (in Russian)

4 Sovershenstvovanie tekhnologii izgotovleniya smesi dlya kal'yana povyshennoj bezopasnosti, Moskva, sb. nauch. trudov 5 j konf. molodyh uchyonyh i specialistov institutov Otdeleniya «Hraneniya i pererabotki s.-h. produkci» [Improvement of technology of preparation of mixtures for hookah with advanced security, Moscow, collection of scientific works. proceedings of the 5th Conf. young scientists and pecialists of institutes of the branch "Storage and processing of agricultural products" of the Russian agricultural Academy] 2011. (in Russian)

5 Method for tasting tobacco for hookah. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya* [News of higher educational institutions. Food technology] 2015. no. 1 (in Russian)

6 Kleszyk P. et al. Carbons with narrow pore size distribution prepared by simultaneous carbonization and self-activation of tobacco stems and their application to supercapacitors. Carbon. 2015. vol. 81. pp. 148-157.

7 Gao Y. C. et al. Difference analysis of main flue-cured tobacco varieties in raw material basement of Hongta tobacco (group). Southwest China Journal of Agricultural Sciences. 2018. vol. 31. no. 5. pp. 917-922.

8 Waheed M. A. et al. RSM based optimization of biodiesel production from tobacco seed oil // Renewable energy and sustainable development. 2015. vol. 5. pp. 85-101.

9 Zhabentsova O.A., Gnuchikh E.V. Determining of moisture content of tobacco for hookah. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies] 2017. no. 79(1). pp. 257-263. (in Russian)

10 Studenikina L.N., Protasov A.V., Korchagin V.I., Shelkunova M.V. Technological aspects of producing polymeric compositions for biofilter with improved immobilization properties. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies]. 2015. no. 1. pp. 150-153. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Natalia N. Matyukhina researcher, laboratory of technologies for manufacturing tobacco products, All-Russian Research Institute of tobacco, makhorka and tobacco products, Moskovskaya St, 42, Krasnodar, 350072, Russia, tabak.technolog@rambler.ru

CONTRIBUTION

Natalia N. Matyukhina fully prepared the manuscript and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The author declares no conflict of interest.

RECEIVED 7.29.2018

ACCEPTED 8.17.2018

Улучшение потребительских характеристик и снижение токсичности жевательного табака при использовании вкусоароматических добавок

Евгения В. Гнучих	¹	Gnu20072007@yandex.ru
Тамара А. Дон	¹	tabak.technolog@rambler.ru
Алла Г. Миргородская	¹	mirgorodskaya_alla@mail.ru

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, ул. Московская, 42, г. Краснодар, 350072, Россия

Реферат. Некурительные табачные изделия позиционируются производителями как альтернатива потреблению курительной продукции. Некурительные табачные изделия – это продукция, потребление которой происходит без возгорания или пиролиза табака путем рассасывания в полости рта (сосательный табак), жевания (жевательный табак), или вдыхания (нюхательный табак). При оральном потреблении, никотин из табака абсорбируется через слизистую рта, а при назальном – через слизистую носа. В России разрешена продажа таких видов некурительных табачных изделий как жевательный и нюхательный табак, на протяжении последних лет наблюдается стабильное нарастание потребления этих видов некурительных табачных изделий. Снижение никотина возможно разными способами: физическим, технологическим (использование в рецептуре расширенной табачной жилки или восстановленного табака и табаков с низким содержанием никотина, заменой табачного сырья на нетабачное). Отобраны вкусоароматические добавки, наиболее сочетаемые со вкусом табака в виде цветочно-травянистых растений, пищевых трав, цедры цитрусовых, а также натурального кофе, какао и ванильного сахара. Исследована возможность их использования для снижения токсичности жевательного табака. Доказана целесообразность этого метода, установлены оптимальные соотношения табака и вкусоароматических добавок.

Ключевые слова: некурительное табачное изделие, никотин, жевательный табак, способы снижения никотина, вкусоароматические добавки, растительное сырье, пищевые травы

Improvement of consumer characteristics and reduced toxicity of chewing tobacco when using of flavors

Evgeniya V. Gnuchikh	¹	Gnu20072007@yandex.ru
Tamara A. Don	¹	tabak.technolog@rambler.ru
Alla G. Mirgorodskaya	¹	mirgorodskaya_alla@mail.ru

¹ All-Russian Research Institute of tobacco, makhorka and tobacco products, Moskovskaya St, 42, Krasnodar, 350072, Russia

Summary. Smokeless tobacco products are declared by producers as alternative to smoking products. Smokeless tobacco products are consumed without combustion or pyrolysis process by sucking it in oral cavity (sucking tobacco), chewing (chewing tobacco) or inhaling (sniff tobacco). During oral consuming nicotine is absorbed by oral mucous, and during nasal consuming – by nasal mucous. Sales of chewing and sniff tobacco are allowed in Russia. Stable sales increasing of these smokeless tobaccos are observed in Russia during last years. Nicotine content decreasing can be achieved by different methods: physical, technological (utilizing expanded stem, reconstituted tobacco, tobacco with low nicotine content, non tobacco materials). Flavorings that have good combination with tobacco aroma had been chosen. They are: flower and herbs, food plants, citrus peels, natural coffee and cacao, vanilla sugar. Possibility of their utilizing for decreasing toxicity of chewing tobacco has been studied. Efficiency of this method has been proved, and optimal contents of tobacco and flavorings have been found.

Keywords: smokeless tobacco product, nicotine, chewing tobacco, methods for decreasing nicotine content, flavorings, plant materials, food herbs

Введение

Жевательные табак существуют в различных формах: порционный и рыхлый. Эти изделия распространены во многих регионах, но особенно широко в Скандинавских странах.

Цель работы – исследование возможности улучшения потребительских свойств и снижения токсичности жевательного табака за счет использования натуральных вкусоароматических добавок.

Материалы и методы

Объектами для исследований служили: табачное сырьё сортотипа Вирджиния и различные вкусо-ароматические добавки: цветочно-

травянистые лекарственные и пищевые травы (мелисса лекарственная, душица обыкновенная (орегано), тимьян ползучий (чабрец), шалфей лекарственный, ромашка аптечная, таволга, крапива двудомная, можжевельник, липа сердцевидная, зверобой, базилик мятолистный, лавр благородный, мята перечная, щавель, тархун (эстрагон), укроп пахучий, петрушка кудрявая), пряности (корица (коричник цейлонский), гвоздика, розмарин, кориандр посевной, майоран), цедра цитрусовых (лимона, апельсина, грейпфрута), кофе натуральный жареный молотый, натуральный порошок какао, ванильный сахар.

Для цитирования

Гнучих Е.В., Дон Т.А., Миргородская А.Г. Улучшение потребительских характеристик и снижение токсичности жевательного табака при использовании вкусоароматических добавок // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 288–297. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-288-297

For citation

Gnuchih E.V., Don T.A., Mirgorodskaya A.G. Improvement of consumer characteristics and reduced toxicity of chewing tobacco when using of flavors. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 288–297. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-288-297

В процессе исследований использовали методы, общепринятые в табачной отрасли. Содержание никотина в исходном табачном сырье и готовом продукте определяли по ГОСТ 30038-93 «Определение алкалоидов в табаке. Спектрофотометрический метод». Дегустационную оценку проводили с помощью разработанной ФГБНУ ВНИИТТИ методики дегустационной оценки жевательного табака.

Содержание никотина

В табачном растении в процессе роста накапливается алкалоид – никотин, относящийся к группе азотисто-органических оснований. В табачном сырье содержание никотина колеблется от 1 до 4%. Нормируется предельно допустимое содержание никотина только в дыме сигарет, для некурильных табачных изделий нормы по никотину не установлены [1].

Многочисленные медико-биологические исследования показали, что никотин является стимулирующим и фармакологически активным компонентом в табаке, обуславливающим специфику потребления табачных изделий. Потребителю систематически необходима физиологическая доза, ниже которой можно спровоцировать увеличение количества потребляемого продукта. Поэтому первостепенной и актуальной задачей является не просто снижение уровня никотина, но и регулирование его содержания [2].

Методы снижения никотина

Методы снижения никотина исследовали в лаборатории технологии производства табачных изделий ФГБНУ ВНИИТТИ [3]. Было установлено, что снижение содержания никотина, как основного токсичного компонента, в готовом продукте может быть достигнуто:

Физическим способом – гидротермической обработкой табачного сырья, и технологическим методами:

- заменой высоконикотинного исходного табачного сырья на табак со средним и низким содержанием никотина;
- Использованием в рецептуре восстановленного табака и расширенной табачной жилки;
- Заменой табачного сырья в рецептуре на нетабачное сырье.

Исследовали влияние всех вышеперечисленных методов на потребительские характеристики табака жевательного.

Установлено, что физический метод гидротермической обработки табачного сырья при режиме с температурой воды 85 °С и продолжительностью обработки 30 мин резко снижал потребительские (органолептические) характеристики готового табачного продукта – жевательного табака, изготовленного из обработанного табачного сырья.

При использовании технологических методов установлено снижение содержания никотина при внесении в рецептуру добавок табачного происхождения: табака с низким содержанием никотина, восстановленного табака и расширенной табачной жилки.

При использовании табачного сырья с низким содержанием никотина потребительские характеристики жевательного табака не снизились.

При использовании в рецептуре жевательного табака расширенной табачной жилки и восстановленного табака выявлено резкое ухудшение потребительских характеристик (снижение дегустационной оценки по вкусу и аромату), поэтому их использование признано нецелесообразным.

В данной статье подробное внимание уделено методу снижения никотина в табаке жевательном при замене табачного сырья на нетабачное сырье – натуральные вкусоароматические добавки различного происхождения.

Результаты и обсуждение

Исследована возможность использования в ингредиентном составе жевательного табака натуральных вкусоароматических добавок, которые помимо своего прямого назначения – улучшения вкуса и аромата, могли бы ещё снизить токсичность и, обладая антисептическими свойствами, оказать положительное влияние на удлинение срока хранения готового продукта.

В результате проведенного мониторинга натурального растительного сырья и пищевых добавок, отобраны наиболее перспективные – с высоким содержанием эфирных масел, приятным вкусом и ароматом, обладающие антисептическими свойствами. Основным критерием отбора была сочетаемость с запахом и вкусом табака.

Растения, прошедшие отбор, смешивали с табачным сырьем типа Вирджиния в различных соотношениях, кондиционировали по влажности в лабораторной установке «Боргвальд» (Германия), измельчали на лабораторном резанном станке ЛТС МКБ. Полученную массу использовали для изготовления опытных образцов жевательного табака. Повторность опытов – двукратная.

В качестве вкусоароматических добавок использовали следующие ингредиенты:

- цветочно-травянистые лекарственные и пищевые травы;
- пряности, вкусоароматические добавки;
- растения, используемые в качестве добавки и прошедшие отбор, смешивали с табачным сырьем в различных соотношениях: 10, 20, и 30%.

Результаты исследования качества опытных образцов жевательного табака с натуральными вкусоароматическими добавками представлены в таблицах 1–5.

Таблица 1.

Дегустационная оценка образцов жевательного табака с добавками цветочно-травянистых растений

Table 1.

A tasting of samples of chewing tobacco with the additives of floral-herbaceous plants

№ Опыта № of Experiment	Характеристика образца Characteristics of the sample	Количество вкусо-ароматической добавки, % Amount of aromatic additive, %	Никотин, % Nicotine, %	Дегустационная оценка, балл Tasting score, score		
				Вкус Taste	Аромат Flavor	Общая Total
1	2	3	4	5	6	7
1 контроль control	Табачное сырье Вирджиния 100% Tobacco raw material Virginia 100%	–	2,5	Слабый приятный Табачный Weak pleasant tobacco	Приятный табачный Pleasant tobacco	73,0
2	Мелисса Melissa	10	2,4	Приятный слегка терпкий pleasant slightly tart	Приятный табачный Nice tobacco	76,0
		20	2,0	Приятный свежий Pleasant fresh	Приятный с оттенком лимона Pleasant tinged with lemon	72,0
		30	1,8	Терпкий вяжущий Tart astringent	Сильный запах лимона Strong smell lemon	68,0
3	Орегано (душица) Oregano (marjoram)	10	2,3	Мягкий свежий Soft fresh	Приятный Pleasant	77,0
		20	2,0	Приятный с оттенком горечи Nice with a touch bitterness	Приятный Pleasant	81,5
		30	1,9	Горький легкое жжение Bitter slightly burning	Приятный Pleasant	70,0
4	Тимьян (чабрец) Thyme	10	2,3	Мягкий свежий Soft fresh	Легкий приятный Light pleasant	74,0
		20	2,0	Горький щипание Bitter pinching	Легкий приятный Light pleasant	72,0
		30	2,0	Горький жгучий Bitter burning	Приятный Pleasant	68,0

Продолжение таб. 1 Continuation of table 1						
1	2	3	4	5	6	7
5	Шалфей Sage	10	2,4	Приятный терпкий Pleasant tart	Легкий приятный Light pleasant	76,0
		20	2,0	Горьковатый терпкий Bitter tart	Приятный Pleasant	74,0
		30	1,6	Горький жгучий Bitter burning	сильный запах травы Strong grass smell	67,0
6	Таволга Spirea	10	2,3	Мягкий приятный Soft pleasant	Хороший легкий Good light	77,0
		20	2,3	Приятный сладковатый Nice sweet	Приятный медовый Nice honey	76,0
		30	1,8	Приятный терпкий Nice tart	Хорошее сочетание с табаком Good combination with tobacco	76,0
7	Зверобой Hypericum	10	2,2	Приятный шипение Nice tweaking	Табачный Tobacco	68,0
		20	1,8	Вязущий обкладка Astringent facing	Табачный Tobacco	64,0
		30	1,8	Сильная обкладка жжение Strong lining burning	Табачный Tobacco	60,0
8	Укроп Dill	10	2,2	Приятный мягкий Nice soft	Приятный табачный с легким оттенком укропа Nice tobacco with easy a touch of dill	70,0
		20	1,6	Сильный жгучий Strong burning	Сильный укропный Strong dill	67,0
		30	1,8	Терпкий неприятный Tart unpleasant	Отсутствует запах табака No smell tobacco	64,0
9	Петрушка Parsley	10	2,4	Приятный Pleasant	Табачный Tobacco	70,0
		20	2,3	Слабое жжение Weak burning	Табачный Tobacco	68,0
		30	2,0	Жгучий неприятный Burning unpleasant	Табачный Tobacco	66,0

Продолжение таб. 1 | Continuation of table 1

1	2	3	4	5	6	7
10	Розовые лепестки Rose petals	10	2,0	Приятный терпкий Nice tart	Табачный с оттенком розы Tobacco tinged with a rose	73,0
		20	2,0	Терпкий Tart	Запах розы Smell roses	70,0
		30	1,6	Неприятная обкладка Unpleasant lining	Сильный запах розы Strong rose smell	66,0
11	Липовый цвет Linden flowers	10	2,4	Мягкий Soft	Приятный табачный Nice tobacco	77,0
		20	2,3	Мягкий Soft	Приятный табачный Nice tobacco	76,0
		30	1,8	Мягкий чуть терпкий Soft a little bit tart	Приятный табачный Nice tobacco	76,0
12	Тархун Tarragon	10	2,3	Приятный свежий Nice fresh	Приятный Nice	74,0
		20	2,4	Острый щипание Acute pinching	приятный сильный Nice strong	70,0
		30	1,7	Резко жгучий Sharp burning	Забивает запах табака Drowns out smell of tobacco	66,0

Дегустационная оценка образцов жевательного табака с добавками пищевых трав

Table 2.

A tasting of samples of chewing tobacco with the additives of food herbs

№ Опыта № of Experiment	Характеристика образца Characteristics of the sample	Количество вкусо- ароматической добавки, % Amount of aromatic additive, %	Никотин, % Nicotine, %	Дегустационная оценка, балл Tasting score, score		
				Вкус Taste	Аромат Flavor	Общая Total
13 контроль control	Табачное сырье Вирджиния 100% Tobacco raw material Virginia 100%	—	2,5	Слабый приятный табачный Weak pleasant tobacco	Приятный табачный Pleasant tobacco	73,0
14	Базилик Basil	10	2,4	Приятный свежий Pleasant fresh	Легкий Приятный Light pleasant	76,0
		20	2,0	Свежий Солоноватый Fresh brackish	Сильный Strong	68,0
		30	2,0	Неприятное щипание языка Unpleasant tweaking tongue	Забивает запах табака Drowns out smell tobacco	62,0
15	Лавровый лист Bay leaf	10	2,3	Приятный сладковатый Nice sweet	Легкий приятный Light pleasant	74,0
		20	2,1	Горький обкладка Bitter facing	отсутствует табачный запах no tobacco smell	62,0
		30	2,0	Терпкий горький Tart bitter	Отсутствует табачный запах No tobacco smell	60,0
16	Мята перечная Peppermint	10	2,4	Приятный лимонный Pleasant citric	Приятный с горечью Pleasant with bitterness	84,0
		20	2,2	Сильный Strong	Сильный с горечью Strong with bitterness	70,0
		30	2,4	Очень сильный лимонный без табачного оттенка Highly strong citric no tobacco	Резкий горький щипание языка Cutting bitter plucking tongue	66,0
17	Щавель Sorrel	10	2,4	Приятный кисловатый Pleasant sourish	Табачный Tobacco	72,0
		20	2,0	Кислый Sour	Табачный Tobacco	70,0
		30	2,0	Очень кислый Highly sour	Табачный Tobacco	64,0

Данные таблицы 1 показывают, что добавление цветочно-травянистых растений заметно снижает содержание никотина, улучшает вкусовые и ароматические свойства жевательного табака. Оптимальной является добавка 20%. Использование большего количества добавок ведет к ухудшению вкуса и доминированию запаха добавки над запахом табака.

Данными таблицы 2 подтверждают, что использование пищевых трав при изготовлении жевательного табака снижает содержание никотина, однако учитывая вкусовые и ароматические характеристики конечного продукта, целесообразно использовать пищевые растительные добавки в количестве не более 20%.

Дегустационные свойства образцов жевательного табака с добавками пряностей

Table 3.

Tasting properties of chewing tobacco samples with spices

№ Опыта № of Experiment	Характеристика образца Characteristics of the sample	Количество вкусо- ароматической добавки, % Amount of aromatic additive, %	Никотин, % Nicotine, %	Дегустационная оценка, балл Tasting score, score		
				Вкус Taste	Аромат Flavor	Общая Total
18 контроль control	Табачное сырье Вирджиния 100% Tobacco raw material Virginia 100%	–	2,5	Слабый приятный табачный Weak pleasant tobacco	Приятный табачный Pleasant tobacco	73,0
19	Кориандр Coriander	10	1,72	Мягкий Soft	Легкий приятный Light pleasant	64,0
		20	1,74	Небольшое жжение Slight burning sensation	Сильный Strong	58,0
		30	1,70	Обладка Facing	Неприятный Unpleasant	50,0
20	Майоран Marjoram	10	1,58	Мягкий сладковатый Soft sweetish	Легкий цветочный Light floral	62,0
		20	1,60	Слегка жгучий Slightly burning	С оттенком лекарств With a touch of medicine	56,0
		30	1,60	Острый жгучий Acute burning	Сильный с оттенком лекарств strong with a touch of medicine	52,0
21	Розмарин Rosemary	10	1,62	Мягкий Soft	С оттенком хвои With a shade of pine needles	60,0
		20	1,58	С примесью хвои With a mixture of needles	неприятный unpleasant	54,0
		30	1,58	Сильный камфорный Strong camphor	неприятный аптечный unpleasant pharmacy	48,0
22	Корица Cinnamon	10	1,65	Мягкий приятный Soft pleasant	сильный strong	78,0
		20	1,58	Теплый сладкий жгучий Warm sweet burning	Сильный с ароматом Корицы strong with flavor cinnamon	64,0
		30	1,62	Жгучий обкладка Burning facing	отсутствие табачной нотки lack of tobacco notes	62,0
23	Гвоздика Carnation	10	1,60	Сладкий приятный Sweet pleasant	Легкий приятный Light pleasant	76,0
		20	1,59	Сильный сладкий Strong sweet	Сильный приятный Strong pleasant	62,0
		30	1,58	Сильный жгучий Strong burning	Сильный с запахом гвоздики Strong with smell carnations	59,0

Дегустационная оценка образцов жевательного табака с добавками цитрусовых

Table 4.

A tasting of samples of chewing tobacco with additives citrus

№ Опыта № of Experiment	Характеристика образца Characteristics of the sample	Количество вкусо- ароматической добавки, % Amount of aromatic additive, %	Никотин, % Nicotine, %	Дегустационная оценка, балл Tasting score, score		
				Вкус Taste	Аромат Flavor	Общая Total
24 контроль control	Табачное сырье Вирджиния 100% Tobacco raw material Virginia 100%	–	2,5	Слабый приятный табачный Weak pleasant tobacco	приятный табачный Pleasant tobacco	73,0
25	Цедра апельсина Zest orange	10	2,4	Приятный цитрусовый nice citrus	Мягкий soft	87,1
		20	2,3	Сильный Strong	Щипание Pinching	70,0
		30	2,0	Очень сильный резкий, без примеси табачной ноты Highly strong sharp, without admixture of tobacco notes	Резкий щипание языка Cutting plucking tongue	66,0
26	Цедра лимона Zest lemon	10	2,3	Приятный лимонный Nice lemon	Мягкий Soft	82,0
		20	2,4	Сильный лимонный Strong citric	Щипание Pinching	74,0
		30	2,2	Очень сильный резкий, без примеси табачной ноты Highly strong sharp, without admixture of tobacco notes	Резкий щипание языка Cutting plucking tongue	63,0
27	Цедра грейпфрута Zest grapefruit	10	2,4	Приятный лимонный Nice lemon	Приятный с горечью Pleasant with bitterness	84,0
		20	2,2	Сильный Strong	Сильный с горечью Strong with bitterness	70,0
		30	2,4	Очень сильный лимонный без табачного оттенка Highly strong sharp, without admixture of tobacco notes	Резкий горький щипание языка Cutting plucking tongue	66,0

Анализируя данные таблицы 3, можно сделать вывод, что снижение никотина наблюдается во всех опытных образцах, однако положительный эффект – более высокий дегустационный балл, по сравнению с контролем имеет место в случае использования корицы и гвоздики в количестве не более 10%. Добавление пряностей в ингредиентный состав жевательного табака в количестве менее 10% практически не ощущается, а 20% и более доминируют над вкусом и запахом табака, появляется

неприятное послевкусие, что снижает общую дегустационную оценку. Несмотря на то, что снижение никотина при использовании в ингредиентном составе 20% пряностей более значительно, оптимальным является содержание пряностей в количестве не более 10%.

Использование в жевательном табаке цедры цитрусовых в количестве не более 10% дает очень хороший эффект. Наблюдается значительное увеличение дегустационной оценки по сравнению с контролем.

Таблица 5.

Дегустационные свойства образцов жевательного табака со вкусоароматическими добавками в виде ванильного сахара, натурального жареного кофе и какао-порошка

Table 5.

Tasting properties of chewing tobacco samples with flavoring additives in the form of vanilla sugar, natural roasted coffee and cocoa powder

№ Опыта № of Experiment	Характеристика образца Characteristics of the sample	Количество вкусо- ароматической добавки, % Amount of aromatic additive, %	Никотин, % Nicotine, %	Дегустационная оценка, балл Tasting score, score		
				Вкус Taste	Аромат Flavor	Общая Total
28 контроль control	Табачное сырье Вирджиния 100% Tobacco raw material Virginia 100%	–	2,5	Слабый приятный табачный Weak pleasant tobacco	Приятный табачный Pleasant tobacco	73,0
29	Ванильный сахар Vanilla sugar	10	2,3	Мягкий терпкий Soft tart	Сильный приятный ванильный Strong pleasant vanilla	78,0
30	Какао Cocoa	10	2,2	Очень приятный сливочный Highly pleasant creamy	Приятный с оттенком какао Pleasant tinged with cocoa	77,0
31	Кофе Арабика Coffee Arabica	10	2,4	Приятный кофейный Pleasant coffee	Приятный сильный Pleasant strong	78,0

Данные таблицы 5 показывают, что снижение никотина в случае использования ванильного сахара, какао и кофе не столь значительно, как в случае с растительными добавками, но имеет место явное улучшение дегустационных свойств.

Обобщая полученные результаты по использованию вкусоароматических добавок можно утверждать, что любая добавка снижает содержание никотина, однако, без ущерба для качества необходимо регулировать её количество в пределах:

- вкусо-ароматические растительные добавки – не более 20%;
- пряности – не более 10%;
- цедра цитрусовых – не более 10%.

Заключение

Обобщая полученные результаты можно сделать вывод, что использование натуральных вкусо-ароматических добавок в рецептуре

жевательного табака с целью снижения токсичности и улучшения потребительских свойств возможно и целесообразно.

В качестве добавок рекомендуется использование:

- цветочно-травянистых растений;
- пищевых трав;
- цедры цитрусовых (лимон, апельсин, грейпфрут);
- натуральные кофе, какао, ваниль.

Полученные результаты свидетельствуют, что любая добавка снижает содержание никотина в конечном продукте, однако для сохранения оптимального баланса вкуса и аромата содержание добавки должно быть дозировано:

- цветочно-травянистые растения и пищевые травы – не более 20%;
- пряности – не более 10%;
- цедра цитрусовых – не более 10%.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Технический регламент Таможенного Союза «Технический регламент на табачную продукцию» (ТрТС 035/2014)
- 2 Татарченко И.И. Табак. Табачные изделия: технологии и контроль качества. Краснодар, 2018. 626 с.
- 3 Отчеты лаборатории технологии производства табачных изделий ФГБНУ ВНИИТТИ за 2010–2016 гг.
- 4 Zeller M., Hatsukami D. The Strategic Dialogue on Tobacco Harm Reduction: a vision and blueprint for action in the US // Tobacco control. 2009. V. 18. №. 4. P. 324-332.

5 Bhatnagar A. et al. Electronic cigarettes: a policy statement from the American Heart Association // Circulation. 2014. V. 130. №. 16. P. 1418-1436.

6 Etter J. F. et al. Electronic nicotine delivery systems: a research agenda // Tobacco control. 2011.

7 Хорев А.И., Соколинская Ю.М., Морковина С.С. Факторы кризисного развития малого предпринимательства // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. №1. С. 223-228. URL: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2015-1-223-228>

8 Ashley D. L., Backinger C. L. The food and drug administration's regulation of tobacco: the center for tobacco products' office of science //American journal of preventive medicine. 2012. V. 43. №. 5. P. S255-S263.

9 Шкидюк М. В. Критерии создания табачных изделий для целевых групп потребителей //Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции. 2015. P. 355-358.

10 Fant R. V., Owen L. L., Henningfield J. E. Nicotine replacement therapy // Primary care: clinics in office practice. 1999. V. 26. №. 3. P. 633-652.

REFERENCES

1 Tekhnicheskij reglament Tamozhennogo Soyuza «Tekhnicheskij reglament na tabachnyu produkciju» (TrTS 035/2014) [Technical Regulations of the Customs Union "Technical Regulations on Tobacco Products" (TTC 035/2014)] (in Russian)

2 Tatarchenko I.I. Tabak. Tabachnye izdeliya: tekhnologii i kontrol' kachestva [Tobacco. Tobacco products: technology and quality control] Krasnodar, 2018. 626 p. (in Russian)

3 Otchety laboratorii tekhnologii proizvodstva tabachnyh izdelij FGBNU VNIITTI za 2010–2016 gg [Reports of the Laboratory for Tobacco Production Technology at the FGBNU VNIITTI for 2010–2016] (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Евгения В. Гнучих к.т.н., зам. директора по научной работе и инновациям, Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, ул. Московская, 42, г. Краснодар, 350072, Россия, Gnu20072007@yandex.ru

Тамара А. Дон науч. сотрудник, лаборатория технологии производства табачных изделий, Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, ул. Московская, 42, г. Краснодар, 350072, Россия, tabak.technolog@rambler.ru

Алла Г. Миргородская к.т.н, зав. лаб., лаборатория технологии производства табачных изделий, Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, ул. Московская, 42, г. Краснодар, 350072, Россия, mirgorodskaya_alla@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Евгения В. Гнучих консультация в ходе исследования

Тамара А. Дон обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

Алла Г. Миргородская написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 02.08.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 31.08.2018

4 Zeller M., Hatsukami D. The Strategic Dialogue on Tobacco Harm Reduction: a vision and blueprint for action in the US. Tobacco control. 2009. vol. 18. no. 4. pp. 324-332.

5 Bhatnagar A. et al. Electronic cigarettes: a policy statement from the American Heart Association. Circulation. 2014. vol. 130. no. 16. pp. 1418-1436.

6 Etter J. F. et al. Electronic nicotine delivery systems: a research agenda. Tobacco control. 2011.

7 Khorev A.I., Sokolinskaya Y.M., Morkovina S.S. Factors crisis of small business development. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies] 2015. no. 1. pp. 223-228. Available at: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2015-1-223-228> (in Russian)

8 Ashley D. L., Backinger C. L. The food and drug administration's regulation of tobacco: the center for tobacco products' office of science. American journal of preventive medicine. 2012. vol. 43. no. 5. pp. S255-S263.

9 Shkiduk M. V. Criteria for the creation of tobacco products for target consumer groups. Innovative research and development for the scientific support of the production and storage of environmentally friendly agricultural and food products. 2015. pp. 355-358.

10 Fant R. V., Owen L. L., Henningfield J. E. Nicotine replacement therapy. Primary care: clinics in office practice. 1999. vol. 26. no. 3. pp. 633-652.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Evgeniya V. Gnuchikh Cand. Sci. (Engin.), Deputy Director of science and innovation, All-Russian Research Institute of tobacco, makhorka and tobacco products, Moskovskaya St, 42, Krasnodar, 350072, Russia, Gnu20072007@yandex.ru

Tamara A. Don researcher, laboratory of technologies for manufacturing tobacco products, All-Russian Research Institute of tobacco, makhorka and tobacco products, Moskovskaya St, 42, Krasnodar, 350072, Russia, tabak.technolog@rambler.ru

Alla G. Mirgorodskaya Cand. Sci. (Engin.), head of laboratory, laboratory of technologies for manufacturing tobacco products, All-Russian Research Institute of tobacco, makhorka and tobacco products, Moskovskaya St, 42, Krasnodar, 350072, Russia, mirgorodskaya_alla@mail.ru

CONTRIBUTION

Evgeniya V. Gnuchikh consultation during the study

Tamara A. Don review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Alla G. Mirgorodskaya wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 8.2.2018

ACCEPTED 8.31.2018

Качественные показатели речной рыбы при поражении описторхозом

Светлана В. Мерчина¹
 Лидия П. Пульчеровская¹
 Венера В. Ахметова¹ verenka1111@mail.ru
 Алексей И. Лаишевцев²

¹ Ульяновский ГАУ, б-р Новый Венец, 1 г., Ульяновск, 432017, Россия

² ФНЦ ВИЭВ РАН, Рязанский пр-т, 24/1, г. Москва, 109428, Россия

Реферат. Целью работы является проведение ветеринарно-санитарной экспертизы рыбы при описторхозе. Пробы отбирали согласно унифицированным правилам отбора проб сельскохозяйственной продукции, продуктов питания и объектов окружающей среды для лабораторных исследований (ГОСТ 7731-85). Объектами исследований были: карась, выловленный в акватории Куйбышевского водохранилища, и карп зеркальный, выращиваемый в ИП Гасанов Сенгелевского района Ульяновской области. Нами были проведены исследования вылавливаемой и выращиваемой в Ульяновской области рыбы. Для исследования были отобраны близкие по своим биологическим характеристикам виды рыб. На 90–95% исследованных рыб были поражены описторхозом. Поражение двухлеток карпа описторхозом не оказало существенного влияния на гематологические показатели. Поражение рыб описторхозом не оказало влияния на показатели белкового, углеводного, липидного и минерального обменов. Одновременно химический состав мышц (вода – $74,60 \pm 8,56\%$, жир – $3,21 \pm 0,63\%$, белок – $17,90 \pm 0,57\%$, зола – $1,90 \pm 0,09\%$) карася, пораженного описторхозом, не имеет существенных отличий от условной нормы (вода $68,5-79,1\%$, жир $1,6-9,5\%$, белок $15,6-19,4\%$, зола $1,5-2,5\%$). Органолептические исследования образцов карася мороженого показали: поверхность рыбы чистая, естественной окраски, присущая рыбе данного вида, без наружных повреждений, плотной консистенции, имеет запах свойственный доброкачественной рыбе. Жабры темно-красного цвета. При определении паразитарной загрязненности все образцы были поражены описторхозом. Аналогичная картина наблюдается и при исследовании карпа. Проведенные токсикологические исследования рыбы: определение содержания свинца, мышьяка, кадмия, ртути, пестицидов (ГХЦГ, ДДТ, 2,4 – Д кислота) летучих N-нитрозаминов показали, что во всех исследуемых образцах концентрация токсических веществ не превышает допустимых уровней. Количество мезофильных аэробных факультативно анаэробных микроорганизмов в организме карпа и карася в пределах допустимой нормы. При проведении бактериологического исследования карпа и карася установлено отсутствие культур БГКП (бактерии группы кишечной палочки), *S. aureus*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*.

Ключевые слова: карась, карп, описторхоз, гемоглобин, белок, холестерин, тяжелые металлы, пестициды, КМАФАнМ, бактерии группы кишечной палочки

Qualitative indicators of river fish with opisthorchiasis

Svetlana V. Merchina¹
 Lidiya P. Pulcherovskaya¹
 Venera V. Akhmetova¹ verenka1111@mail.ru
 Aleksei I. Laishevtsev²

¹ Ulyanovsk state agrarian university named after P.A. Stolypin, Boulevard New Venets, 1, Ulyanovsk, 432017, Russia

² All Russian Research Institute of Experimental Veterinary Sciences named after K.I. Skryabin and Y.R. Kovalenko, Ryazanskiy Av., 24/1, Moscow, 109428, Russia

Summary. The purpose of the work is to conduct veterinary and sanitary examination of fish with opisthorchiasis. Samples were selected according to the unified rules for the sampling of agricultural products, food products and environmental objects for laboratory tests (GOST 7731-85). The objects of research were: crucian caught in the water area of the Kuibyshev reservoir, and a carp mirror, grown in the Gasanov Institute of the Sengeleevsky district of the Ulyanovsk region. We conducted studies of fish caught and grown in the Ulyanovsk region. For the study, species of fish that were close in their biological characteristics were selected. 90–95% of the fish examined were infected with opisthorchiasis. The defeat of carp two-year olds with opisthorchiasis did not have a significant effect on hematologic indices. The defeat of fish with opisthorchiasis did not affect the parameters of protein, carbohydrate, lipid and mineral metabolism. At the same time, the chemical composition of muscles (water – $74.60 \pm 8.56\%$, fat – $3.21 \pm 0.63\%$, protein – $17.90 \pm 0.57\%$, ash – $1.90 \pm 0.09\%$), affected by opisthorchiasis does not significantly differ from the conventional norm (water $68.5-79.1\%$, fat $1.6-9.5\%$, protein $15.6-19.4\%$, ash $1.5-2.5\%$). Organoleptic examinations of ice cream samples showed: the surface of the fish is clean, natural in color, inherent in fish of this species, without external damages, dense consistency, has the smell characteristic of benign fish. Gills are dark red. In determining the parasitic contamination, all samples were affected by opisthorchiasis. A similar picture is observed in the study of carp. The conducted toxicological studies of fish: the determination of the content of lead, arsenic, cadmium, mercury, pesticides (HCH, DDT, 2, 4-Dic acid) of volatile N-nitrosamines showed that in all the test samples the concentration of toxic substances does not exceed acceptable levels. The number of mesophilic aerobic facultative anaerobic microorganisms in the body of carp and crucian carp within the permissible norm. In the bacteriological study of carp and crucian carcass, there were no cultures of CGB (coliform bacteria), *S. aureus*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*.

Keywords: carp, carp, opisthorchiasis, hemoglobin, protein, cholesterol, heavy metals, pesticides, QMAFAnM, E. coli bacteria

Для цитирования

Мерчина С.В., Пульчеровская Л.П., Ахметова В.В., Лаишевцев А.И. Качественные показатели речной рыбы при поражении описторхозом // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 298–306. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-298-306

For citation

Merchina S.V., Pulcherovskaya L.P., Akhmetova V.V., Laishevtsev A.I. Qualitative indicators of river fish with opisthorchiasis. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 298–306. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-298-306

Введение

Для отрасли рыбоводства в Ульяновской области одно из важных значений имеет организация комплексных исследований, включающих также и ихтиопаразитарные тесты [1–4]. В Ульяновской области почти 100% вылавливаемой и выращиваемой рыбы поражены различными паразитами. В последнее время все чаще это описторхоз. До сих пор нет единого мнения, насколько зараженная описторхозом рыба опасна для человека [4–6].

Цель работы – изучение влияния заболеваемости описторхозом на качественные показатели вылавливаемой и выращиваемой в Ульяновской области рыбы.

Материалы и методы

Пробы отбирали и исследовали согласно унифицированным правилам отбора проб сельскохозяйственной продукции, продуктов питания и объектов окружающей среды для лабораторных исследований (ГОСТ 7731-85) [1–10]. Объектами исследований были: карась, выловленный в акватории Куйбышевского водохранилища, и карп зеркальный, выращиваемый в ИП Гасанов Сенгелевского района Ульяновской области, товарной массы.

Результаты исследований. Нами были проведены исследования вылавливаемой и выращиваемой в Ульяновской области рыбы. Для исследования были отобраны близкие по своим биологическим характеристикам виды рыб. На 90–95% исследованных рыб были поражены описторхозом.

Поражение двухлеток карпа описторхозом (таблица 1, 2) не оказало существенного влияния на гематологические показатели. Концентрацию гемоглобина, количество эритроцитов и лейкоцитов, а также насыщение эритроцита гемоглобином не превышало условную норму [6–10].

Таблица 1.
Гематологические показатели крови
2-х летнего карпа

Table 1.
Hematological indices of blood 2 x summer carp

Показатель, ед. Indicator	Норма Norm	Результаты испытаний Test result
Эритроциты, $\times 10^{12}/л$ Erythrocytes	0,5–2,0	$0,92 \pm 0,102$
Лейкоциты, $\times 10^9/л$ Leukocytes	4,9–8,1	$8,41 \pm 0,958$
Гемоглобин, г/л Hemoglobin	30–100	$65,40 \pm 8,25$
СГЭ, пг CHE	50–80	71,09

Лейкоцитарная формула карпа зеркального, пораженного описторхозом не отличается от условной нормы (таблица 2). При этом необходимо отметить, что у особей наблюдается увеличение числа моноцитов, эозинофилов и нейтрофилов, что характерно и для летнего сезона и для патологических процессов, присущих паразитарным заболеваниям [3, 4, 6–10].

Таблица 2.
Лейкоцитарная формула периферической
крови карпа

Table 2.
Leukogram carp peripheral blood

Показатель, % Indicator	Условная норма Norm	Результаты испытаний Test result
Лимфоциты Lymphocytes	88,0	$80,91 \pm 0,85$
Моноциты Monocyte	3,0	$5,35 \pm 0,35$
ПМЯ PMC	3,0	$4,64 \pm 0,32$
Нейтрофилы Neutrophils	6,0	$7,96 \pm 0,82$
Эозинофилы Eosinophils	–	$1,14 \pm 0,17$

Таблица 3.
Биохимические показатели крови
2-х летнего карпа

Table 3.
Biochemical blood indices x 2 year old carp

Показатель, ед. Indicator	Норма Norm	Результаты испытаний Test result
Общий белок, г/л Total protein	10–30	$28,29 \pm 1,57$
Глюкоза, ммоль/л Glucose	1,5–4,0	$2,05 \pm 0,09$
Мочевина, ммоль/л Urea	1,83–6,2	$5,47 \pm 0,71$
Креатинин, мкмоль/л Creatinine	0,27–0,8	$0,60 \pm 0,05$
Билирубин, мкмоль/л Bilirubin	12,0–36,0	$24,9 \pm 0,13$
Холестерин, ммоль/л Cholesterol	1,94–3,9	$2,36 \pm 0,08$
Фосфор, ммоль/л Phosphorus	0,4 – 9,6	$8,62 \pm 0,78$
Железо, мкмоль/л Iron	13,43–15,94	$14,12 \pm 0,58$

Поражение рыб описторхозом не оказало влияния на показатели белкового, углеводного, липидного и минерального обменов. Уровень всех исследуемых показателей соответствует нормам для исследуемого сезона (таблица 3) [3, 4, 6–10]. Одновременно химический состав мышц (вода – $74,60 \pm 8,56\%$, жир – $3,21 \pm 0,63\%$, белок – $17,90 \pm 0,57\%$, зола – $1,90 \pm 0,09\%$) карася, пораженного описторхозом, не имеет существенных отличий от условной нормы (вода $68,5\text{--}79,1\%$, жир $1,6\text{--}9,5\%$, белок $15,6\text{--}19,4\%$, зола $1,5\text{--}2,5\%$).

Органолептические исследования образцов карася мороженого показали: поверхность рыбы чистая, естественной окраски, присущая рыбе данного вида, без наружных повреждений, плотной консистенции, имеет запах свойственный доброкачественной рыбе. Жабры темно-красного цвета. При определении паразитарной загрязненности все образцы были поражены описторхозом (таблица 4).

Аналогичная картина наблюдается и при исследовании карпа (таблица 5).

Таблица 4.

Органолептические показатели карася мороженого

Table 4.

Organoleptic characteristics of frozen crucian

Показатель Indicator	НД на метод испытаний RD on test method	Результат испытаний Test result	Нормы по НД Norm on the RD
Внешний вид (после размораживания) Appearance (after defrosting)	ГОСТ 7631-2008 п. 6.1	Образец № 1–10: поверхность рыбы чистая, естественной окраски, присущая рыбе данного вида, без наружных повреждений Sample No. 1–10: the surface of the fish is clean, of a natural color, characteristic of the fish of this species, without external damage	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски, свойственная данному виду рыбы, сбивость чешуи не нормируется The surface of the fish is clean, natural color, typical of this type of fish, the downward scale is not normalized.
Консистенция (после размораживания) Consistency (after defrosting)	ГОСТ 7631-2008 п. 6.5.1	Образец № 1–10: плотная Sample No. 1–10: dense	Плотная, присущая рыбе данного вида Dense, inherent to fish of this look
Запах (после размораживания, варки) Smell (after defrosting, boiling)	ГОСТ 7631-2008 п. 6.6.2	Образец № 1–10: свойственный доброкачественной рыбе Sample No. 1–10: peculiar to benign fish	Свойственный свежей рыбе, без постороннего запаха Peculiar to fresh fish, no foreign smell
Разделка Cutting	ГОСТ 32366-2013 п. 5.2.2.1–5.2.2.12	Образец № 1–10: неразделанная – рыба в целом виде Sample No. 1–10: Untreated - fish as a whole	Неразделанная – рыба в целом виде Untreated - fish as a whole
Обнаружение и идентификация личинок гельминтов и возбудителей инвазионных заболеваний Detection and identification of helminth larvae and pathogens	Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы, моллюсков, ракообразных, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработки 3.2.988-00 от 01.01.2001 г. Минздрав РФ Methods of sanitary – parasitological examination of fish, mollusks, crustaceans, amphibians, reptiles and their products 3.2.988-00 of 01.01.2001, the Ministry of Health of the Russian Federation	Образец № 1–10: описторхоз Sample No. 1–10: opisthorchiasis	н.о. n.d.

н.о. | n.d. – не обнаружено (not detected)

Органолептические показатели карпа мороженого

Table 5.

Organoleptic characteristics of carp ice cream

Показатель Indicator	НД на метод испытаний RD on test method	Результат испытаний Test result	Нормы по НД Norm on the RD
Внешний вид (после размораживания) Appearance (after defrosting)	ГОСТ 7631-2008 п. 6.1	Образец № 1–10: поверхность рыбы чистая, естественной окраски, присущая рыбе данного вида. Жабры от темно-красного цвета. Sample No. 1-10: the surface of the fish is clean, of a natural color, characteristic of the fish of this species. Gills from dark red color.	Поверхность рыбы чистая, естественной окраски. Возможна сбитость чешуи без повреждения кожи. Жабры от темно-красного до розового цвета. Рыба без наружных повреждений The surface of the fish is clean, natural color. It is possible that the scales are loose without damaging the skin. Gills from dark red to pink. Fish without external damage
Консистенция (после размораживания) Consistency (after defrosting)	ГОСТ 7631-2008 п. 6.5	Образец № 1–10: плотная Sample No. 1–10: dense	Плотная. Возможна в местах реализации слегка ослабевшая, но не дряблая Dense. It is possible in places of implementation slightly weakened, but not flabby
Запах (после размораживания, варки) Smell (after defrosting, boiling)	ГОСТ 7631-2008 п. 6.6	Образец № 1–10: свойственный доброкачественной рыбе Sample No. 1–10: peculiar to benign fish	Свойственный свежей рыбе, без посторонних признаков. Возможен в местах реализации у всех рыб, кроме осетровых кисловатый запах в жабрах, легко удаляемый при промывании водой, слабый запах ила
Разделка Cutting	ГОСТ 814-96 п. 4	Образец № 1–10: неразделанная – рыба в целом виде Sample No. 1–10: Untreated - fish as a whole	Неразделанная – рыба в целом виде Untreated - fish as a whole
Обнаружение и идентификация личинок гельминтов и возбудителей инвазионных заболеваний Detection and identification of helminth larvae and pathogens	Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы, моллюсков, ракообразных, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработки 3.2.988–00 от 01.01.2001 г. Минздрав РФ Methods of sanitary – parasitological examination of fish, mollusks, crustaceans, amphibians, reptiles and their products 3.2.988-00 of 01.01.2001, the Ministry of Health of the Russian Federation	Образец № 1–10: описторхоз Sample No. 1–10: opisthorchiasis	n.o. n.d.

Физико-химические исследования показали: концентрация водных ионов в фильтрате из карпа мороженой составила $6,20 \pm 0,02 \dots 6,60 \pm 0,01$, что находится в пределах нормы [1, 2, 6–10]. В фильтрате из карася мороженного концентрация водных ионов составила $6,21 \pm 0,01 \dots 6,69 \pm 0,01$, что также находится в пределах технологической нормы.

В результате определения продуктов первичного распада белков в бульоне (реакция с сернокислой медью) и реакции на пероксидазу (бензидиновая проба) в вытяжке из карпа мороженого, а также из карася мороженного установлено:

- реакция определения продуктов первичного распада белков в бульоне (реакция с сернокислой медью) у всех образцов – отрицательная реакция;

- реакции на пероксидазу (бензидиновая проба) – положительная реакция [1, 2, 6–10].

В результате определения содержания токсичных элементов (свинец, мышьяк, кадмий, ртуть), получены следующие результаты: содержание токсичных элементов во всех образцах карпа и карася мороженного не превышает допустимых уровней (таблицы 6, 7) [1, 2, 6–10].

Содержание пестицидов во всех образцах рыбы (карп – ГХЦГ, ДДТ, 2,4-Д кислота; карась – ГХЦГ, ДДТ) не превышает допустимых уровней.

Таблица 6.
Результаты определения содержания токсичных элементов (свинец, мышьяк, кадмий, ртуть)
в карпе мороженом

Table 6.
The results of the determination of the content of toxic elements (lead, arsenic, cadmium, mercury) in carp

№ образца Sample number	свинец не более 1,0 lead no more 0.1	мышьяк не более 1,0 arsenic no more 0.1	кадмий не более 0,2 cadmium no more 0.2	ртуть не более 0,6 mercury no more 0.6
1	$0,02 \pm 0,001$	$0,04 \pm 0,001$	$0,001 \pm 0,0001$	$0,004 \pm 0,0001$
2	$0,03 \pm 0,001$	$0,03 \pm 0,001$	$0,002 \pm 0,0001$	$0,002 \pm 0,0001$
3	$0,03 \pm 0,001$	$0,02 \pm 0,001$	$0,001 \pm 0,0001$	$0,001 \pm 0,0001$
4	$0,02 \pm 0,001$	$0,04 \pm 0,001$	$0,003 \pm 0,0001$	$0,004 \pm 0,0001$
5	$0,03 \pm 0,001$	$0,03 \pm 0,001$	$0,002 \pm 0,0001$	$0,002 \pm 0,0001$
6	$0,03 \pm 0,001$	$0,02 \pm 0,001$	$0,001 \pm 0,0001$	$0,001 \pm 0,0001$
7	$0,03 \pm 0,001$	$0,02 \pm 0,001$	$0,002 \pm 0,0001$	$0,003 \pm 0,0001$
8	$0,02 \pm 0,001$	$0,03 \pm 0,001$	$0,002 \pm 0,0001$	$0,002 \pm 0,0001$
9	$0,03 \pm 0,001$	$0,02 \pm 0,001$	$0,003 \pm 0,0001$	$0,001 \pm 0,0001$
10	$0,02 \pm 0,001$	$0,04 \pm 0,001$	$0,001 \pm 0,0001$	$0,003 \pm 0,0001$

Таблица 7.
Результаты определения содержания токсичных элементов (свинец, мышьяк, кадмий, ртуть)
в карасе мороженом

Table 7.
The results of the determination of the content of toxic elements (lead, arsenic, cadmium, mercury) in frozen crucian

№ образца Sample number	свинец не более 1,0 lead no more 1.0	мышьяк не более 5,0 arsenic no more 5.0	кадмий не более 0,2 cadmium no more 0.2	ртуть не более 0,5 mercury no more 0.5
1	$0,03 \pm 0,001$	$0,08 \pm 0,001$	$0,003 \pm 0,0001$	$0,001 \pm 0,0001$
2	$0,02 \pm 0,001$	$0,06 \pm 0,001$	$0,001 \pm 0,0001$	$0,003 \pm 0,0001$
3	$0,01 \pm 0,001$	$0,06 \pm 0,001$	$0,003 \pm 0,0001$	$0,002 \pm 0,0001$
4	$0,02 \pm 0,001$	$0,08 \pm 0,001$	$0,002 \pm 0,0001$	$0,002 \pm 0,0001$
5	$0,01 \pm 0,001$	$0,08 \pm 0,001$	$0,001 \pm 0,0001$	$0,002 \pm 0,0001$
6	$0,03 \pm 0,001$	$0,06 \pm 0,001$	$0,001 \pm 0,0001$	$0,001 \pm 0,0001$
7	$0,01 \pm 0,001$	$0,06 \pm 0,001$	$0,003 \pm 0,0001$	$0,003 \pm 0,0001$
8	$0,03 \pm 0,001$	$0,08 \pm 0,001$	$0,003 \pm 0,0001$	$0,001 \pm 0,0001$
9	$0,03 \pm 0,001$	$0,06 \pm 0,001$	$0,002 \pm 0,0001$	$0,002 \pm 0,0001$
10	$0,02 \pm 0,001$	$0,08 \pm 0,001$	$0,001 \pm 0,0001$	$0,002 \pm 0,0001$

Таблица 8.

Результаты определения содержания летучих N-нитрозаминов в карпе мороженом
и карасе мороженом

Table 8.

Results of determination of volatile N-nitrosamines in carp and crucian

№ образца Sample number	Карп мороженный Frozen carp	Карась мороженный Frozen crucian
1	0,0001 ± 0,00001	0,0002 ± 0,00001
2	0,0002 ± 0,00001	0,0001 ± 0,00001
3	0,0002 ± 0,00001	0,0001 ± 0,00001
4	0,0001 ± 0,00001	0,0001 ± 0,00001
5	0,0001 ± 0,00001	0,0002 ± 0,00001
6	0,0001 ± 0,00001	0,0001 ± 0,00001
7	0,0002 ± 0,00001	0,0001 ± 0,00001
8	0,0001 ± 0,00001	0,0002 ± 0,00001
9	0,0001 ± 0,00001	0,0002 ± 0,00001
10	0,0002 ± 0,00001	0,0002 ± 0,00001

В результате определения содержания летучих N-нитрозаминов получены следующие результаты – содержание летучих N-нитрозаминов во всех образцах карпа и карася не превышает допустимых уровней (таблица 8).

Проведенные токсикологические исследования рыбы: определение содержания свинца, мышьяка, кадмия, ртути, пестицидов (ГХЦГ, ДДТ, 2,4 – Д кислота) летучих N-нитрозаминов показали, что во всех исследуемых образцах концентрация токсических

веществ не превышает допустимых уровней (таблицы 6–8) [1, 2, 9, 10].

Количество мезофильных аэробных факультативно анаэробных микроорганизмов в карпе мороженном на мясо – пептоном агаре составляет $5,9 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$... $6,8 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$, а в петрифильмах 3М Petrifilm Aerobic Count Plate (AC) $5,6 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$... $6,9 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$, т. е. количество мезофильных аэробных факультативно анаэробных микроорганизмов в организме карпе в пределах допустимой нормы.

Таблица 9.

Количество мезофильных аэробных факультативно анаэробных микроорганизмов в карпе мороженном на мясо-пептоном агаре составляет и петрифильмах 3М Petrifilm Aerobic Count Plate (AC)

Table 9.

Number of mesophilic aerobic facultative anaerobic microorganisms in carp's meat-peptonom agar is petrifilmah and 3 m Petrifilm Aerobic Count Plates (AC)

№ образца Sample number	КМАФАнМ на мясо-пептоном агаре QMAFAnM on meat-peptone agar	КМАФАнМ на петрифильмах 3М Petrifilm Aerobic Count Plate (AC) QMAFAnM on petr films 3M Petrifilm Aerobic Count Plate (AC)
1	$6,3 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$	$6,1 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$
2	$5,9 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$	$5,7 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$
3	$6,8 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$	$6,9 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$
4	$6,8 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$	$6,9 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$
5	$5,9 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$	$5,6 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$
6	$6,3 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$	$6,1 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$
7	$5,9 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$	$5,7 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$
8	$6,6 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$	$6,2 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$
9	$6,8 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$	$6,4 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$
10	$6,6 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$	$6,2 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$

Таблица 10.

Количество мезофильных аэробных факультативно анаэробных микроорганизмов в карасе мороженном на мясо-пептоном агаре и петрифильмах 3М Petrifilm Aerobic Count Plate (AC)

Table 10.

Number of mesophilic aerobic facultative anaerobic microorganisms in Crucian's meat-peptonom agar and petrifilmah 3 m Petrifilm Aerobic Count Plates (AC)

№ образца Sample number	КМАФАнМ на мясо-пептоном агаре QMAFAnM on meat-peptone agar	КМАФАнМ на петрифильмах 3М Petrifilm Aerobic Count Plate (AC) QMAFAnM on petr films 3M Petrifilm Aerobic Count Plate (AC)
1	$6,0 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$	$6,2 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$
2	$5,8 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$	$6,0 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$
3	$5,7 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$	$5,9 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$
4	$6,0 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$	$6,2 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$
5	$5,3 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$	$5,6 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$
6	$5,8 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$	$6,0 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$
7	$5,7 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$	$5,9 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$
8	$5,7 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$	$5,5 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$
9	$5,3 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$	$5,6 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$
10	$5,8 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$	$6,0 \times 10^4 \pm 0,2 \times 10^4$

Количество мезофильных аэробных факультативно анаэробных микроорганизмов в организме карася в пределах допустимой нормы

Таблица 11.

Результаты бактериологического исследования карпа мороженного на наличие БГКП (бактерии группы кишечной палочки), *S. aureus*, *Salmonella*, *Listeria monocytocenes*

Table 11.

The results of the bacteriological study of carp for the presence of colibacillus (coliform), *S. aureus*, *Salmonella*, *Listeria monocytocenes*

№ образца Sample number	БГКП E. coli bacteria	<i>S. aureus</i>	<i>Salmonella</i>	<i>Listeria monocytocenes</i>
1	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.
2	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.
3	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.
4	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.
5	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.
6	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.
7	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.
8	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.
9	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.
10	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.

Таблица 12.

Результаты бактериологического исследования карася мороженного на наличие БГКП (бактерии группы кишечной палочки), *S. aureus*, *Salmonella*, *Listeria monocytocenes*

Table 12.

The results of bacteriological analysis of the presence of colibacillus crucian (coliform), *S. aureus*, *Salmonella*, *Listeria monocytocenes*

№ образца Sample number	БГКП E. coli bacteria	<i>S. aureus</i>	<i>Salmonella</i>	<i>Listeria monocytocenes</i>
1	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.
2	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.
3	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.
4	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.
5	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.
6	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.
7	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.
8	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.
9	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.
10	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.	н.о. n.d.

При проведении бактериологического исследования карпа и карася установлено отсутствие культур БГКП (бактерии группы кишечной палочки), *S. aureus*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*.

Заключение

Таким образом, практически вся рыба, вылавливаемая и выращиваемая в Ульяновской

области, на 100% заражена различными паразитами, что требует обязательному исследованию на паразитарную загрязненность. Поражение разной степени описторхозом не оказывает существенного влияния на пищевую ценность рыбы.

ЛИТЕРАТУРА

1 Васильев Д.А., Мерчина С.В., Калабелов И.М., Кавеева А.Р. Молекулярно – генетические методы исследования осетровых рыб на наличие герпесвируса и ветеринарно – санитарная оценка полученного пищевого сырья // Материалы Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения». Ульяновск: Ульяновская ГСХА, 2013. С. 112–115.

2 Барт Н.Т., Золотухин С.Н., Васильев Д.А. Выделение бактериофагов рода *Providencia* // Материалы Международной научно – практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения», Ульяновск: Ульяновская ГСХА, 2012. Т. 1. С. 236–239.

3 Васина С.Б., Ахметова В.В., Федосеев А.Д. Использование амфибий в биоиндикации вод в ООО «Рыбхоз» Ульяновского района // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 4(36). С. 78–82.

4 Буркин А.В., Васина С.Б., Ахметова В.В. Влияние химического состава воды пруда с. Полдамасово на гематологические показатели рыб // Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции «В мире научных открытий». Ульяновск: УСХА, 2012. С. 125–128.

5 Буркин, А.В., Ахметова В.В. Стресс – реакция организма рыб // Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции «В мире научных открытий». Ульяновск: УСХА, 2012. С. 128–132.

6 Ахметова В.В., Васина С.Б., Федосеев А.Д. Картина нарушений морфологии эритроцитов периферической крови карпа, выращиваемого в прудах ООО «Рыбхоз» Ульяновского района Ульяновской области // Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Инновационная деятельность в модернизации АПК». Курск: ФГБОУ ВО Курская ГСХА, 2017. Т. 3. С. 262–265.

7 Салкова Т.А. Нарушения морфологии эритроцитов периферической крови карпа зеркального, выращиваемого в рыбоводческих хозяйствах Ульяновской области // Материалы международной студенческой научной конференции «В мире научных открытий». Ульяновск: Ульяновская ГСХА, 2017. С. 130–132.

8 Васина С.Б., Ахметова В.В. Оценка морфологической и биохимической картины крови карповых рыб, выращиваемых в ООО «Рыбхоз» Ульяновского района Ульяновской области // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 3. С. 32–59.

9 Самаркина В.В., Мерчина С.В., Молофеева Н.И. Анизакидоз – опасен ли для человека? // IX Международная студенческая электронная научная конференция. Студенческий научный форум-2017. URL: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017034957>.

10 Самаркина В.В. Ветеринарно-санитарная экспертиза рыбы при анизакидозе. Ульяновск: Ульяновский ГАУ, 2017. 140 с.

REFERENCES

1 Vasiliev D.A. Molecular – genetic methods of sturge on research for the presence of herpes virus and veterinary and sanitary assessment of the food raw material received. Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii Agrarnaia nauka i obrazovanie na sovremennom etape razvitiia opyt problemy i puti ikh resheniia [Materials of the International Scientific and Practical Conference "Agrarian Science and Education at the Present Stage of Development: Experience, Problems and Ways of Solving them"] Ulyanovsk, Ulyanovsk State Agricultural Academy, 2013. pp. 112–115. (in Russian)

2 Bart N.T. Isolation of bacteriophages of the genus *Providencia*. Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii Agrarnaia nauka i obrazovanie na sovremennom etape razvitiia opyt problemy i puti ikh resheniia [Materials of the International Scientific and Practical Conference "Agrarian Science and Education at the Present Stage of Development: Experience, Problems and Ways of Solving them"] Ulyanovsk, Ulyanovsk State Agricultural Academy, 2012. vol. 1. pp. 236–239. (in Russian)

3 Vasina S.B. The use of amphibians in the bioindication of waters in ООО Rybhoz in the Ulyanovsk region. Vestnik Ulianovskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii [Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy] 2016. no. 4 (36). pp. 78–82. (in Russian)

4 Burykin A.V. Effect of the chemical composition of the pond water with. Poldamasso on haematological parameters of fish. Materialy Vserossiiskoi studencheskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii V mire nauchnykh otkrytii [Materials of the All-Russian Student Scientific and Practical Conference "In the World of Scientific Discoveries."] Ulyanovsk, USHA, 2012. pp. 125–128. (in Russian)

5 Burykin A.V. Stress – the reaction of the body of fish. Materialy Vserossiiskoi studencheskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii V mire nauchnykh [Materials of the All-Russian Student Scientific and Practical Conference "In the World of Scientific Discoveries"] Ulyanovsk, USHA, 2012, pp. 128–132. (in Russian)

6 Achmetova V.V. A picture of the disturbances in the morphology of erythrocytes in the peri-peripheral blood of carp, grown in the ponds of Rybhoz LLC, Ulyanovsk district, Ulyanovsk region. Materialy Mezhdunarodnoi

nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov aspirantov i molodykh uchenykh Innovatsionnaia deiatelnost v modernizatsii APK [Materials of the International scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists "Innovative activity in the modernization of the agro-industrial complex"] Kursk, FGBOU VO Kursk State Agricultural Academy, 2017. vol. 3. pp. 262–265. (in Russian)

7 Salkova T.A. Disturbances in the morphology of erythrocytes of peripheral blood of a specular carp, grown in fish farms in the Ulyanovsk Region. Materialy Vserossiiskoi studencheskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii V mire nauchnykh [Materials of the All-Russian Student Scientific and Practical Conference "In the World of Scientific Discoveries"] 2017. pp. 130–132. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Светлана В. Мерчина к.б.н., доцент, кафедра микробиологии, вирусологии, эпизоотологии и ВСЭ, Ульяновский ГАУ, бульвар Новый Венец, 1 г. Ульяновск, 432017, Россия

Лидия П. Пульчеровская к.б.н., доцент, кафедра микробиологии, вирусологии, эпизоотологии и ВСЭ, Ульяновский ГАУ, бульвар Новый Венец, 1 г. Ульяновск, 432017, Россия

Венера В. Ахметова к.б.н., доцент, кафедра микробиологии, вирусологии, эпизоотологии и ВСЭ, Ульяновский ГАУ, бульвар Новый Венец, 1 г. Ульяновск, 432017, Россия, verenk111@mail.ru

Алексей И. Лаишевцев ст. научный сотрудник, лаборатория микробиологии с музеем типовых культур, ФНЦ ВИЭВ РАН, Рязанский пр-т, 24/1, г. Москва, 109428, Россия

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Светлана В. Мерчина обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

Лидия П. Пульчеровская обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

Венера В. Ахметова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

Алексей И. Лаишевцев написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 01.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 03.08.2018

8 Vasina S.B. Evaluation of the morphological and biochemical picture of the blood of carp fishes raised in Rybhoz LLC, Ulyanovsk district, Ulyanovsk region. *Vestnik Ulianovskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii* [Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy] 2015. no. 3. pp. 32–59. (in Russian)

9 Samarkina V.V. Anisacidosis - is it dangerous for a person? IX Mezhdunarodnaia studencheskaia elektronnaia nauchnaia konferentsiia Studencheskii nauchnyi forum-2017 [IX International Student Electronic Scientific Conference. Student Science Forum-2017] Available at: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017034957>. (in Russian)

10 Samarkina V.V. Veterinarno-sanitarnaia ekspertiza ryby pri anizakidoze [Veterinary and sanitary examination of fish with anisacidosis] Ulyanovsk, Ulyanovsk State Agrarian University, 2017. 140 p. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Svetlana V. Merchina Cand. Sci. (Biol.), associate professor, Microbiology, virology, epizootology and VSE department, Ulyanovsk state agrarian university named after P.A. Stolypin, Boulevard New Venets, 1, Ulyanovsk, 432017, Russia

Lidiya P. Pulcherovskaya Cand. Sci. (Biol.), associate professor, Microbiology, virology, epizootology and VSE department, Ulyanovsk state agrarian university named after P.A. Stolypin, Boulevard New Venets, 1, Ulyanovsk, 432017, Russia

Venera V. Akhmetova Cand. Sci. (Biol.), associate professor, Microbiology, virology, epizootology and VSE department, Ulyanovsk state agrarian university named after P.A. Stolypin, Boulevard New Venets, 1, Ulyanovsk, 432017, Russia, verenk111@mail.ru

Aleksei I. Laishevtsev senior researcher, laboratory of microbiology, Museum of Standard Cultures, All Russian Research Institute of Experimental Veterinary Sciences named after K.I. Skryabin and Y.R. Kovalenko, Ryazanskiy Av., 24/1, Moscow, 109428, Russia

CONTRIBUTION

Svetlana V. Merchina review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Lidiya P. Pulcherovskaya review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Venera V. Akhmetova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Aleksei I. Laishevtsev wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.1.2018

ACCEPTED 8.3.2018

Разработка технологии производства продуктов из мяса птицы профилактического назначения (рулет, запеченный из мяса кур с капустой брокколи)

Зинаида И. Лаврёнова¹ lavrenova.zinaida@yandex.ru
Наталья Е. Назарова¹ nazarova-nnsaa@mail.ru

¹ Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, г. Нижний Новгород, пр-т Гагарина, 97, Россия

Реферат. В статье приведены результаты исследований по разработке рецептуры и технологии производства нового вида мясной продукции функционального назначения из мяса птицы с частичной заменой мясного сырья растительным компонентом – капустой брокколи. В результате проведенных исследований и расчетов получены данные по показателям качества и безопасности, пищевой и энергетической ценности, экономической эффективности производства рулета, запеченного из мяса кур с капустой брокколи. Добавление капусты брокколи при производстве рулета из мяса кур способствовало образованию необычного рисунка рулета на разрезе: светло-розовый цвет мяса и яркий зеленый цвет соцветий капусты брокколи. Экспериментальные партии рулета, запеченного из мяса кур, вырабатывались с заменой мяса на капусту брокколи в рецептуре следующим образом: образец № 1 – замена мясного сырья капустой брокколи 10,0%, образец № 2–20,0%, № 3 – 30,0% соответственно. При увеличении замены мясного сырья капустой брокколи существенно снижается содержание массовой доли жира – с 19,0% (контрольный образец) до 11,0% (образец № 3). Также отмечается снижение содержания массовой доли белка с 17,0% в контрольном образце до 11,0% в образце № 3, а также увеличение содержания массовой доли углеводов с 0 (контрольный образец) до 1,8% (образец № 3). Все исследуемые образцы рулета, запеченного из мяса кур с капустой брокколи, соответствуют требованиям нормативных документов по микробиологическим показателям. Результаты расчетов экономической эффективности производства контрольного и экспериментальных образцов запеченного рулета из мяса кур свидетельствуют о том, что экономически наиболее целесообразно производство запеченного рулета из мяса кур с добавлением в рецептуру капусты брокколи в количестве 30% к массе несоленого сырья.

Ключевые слова: капуста брокколи, технология производства, рулет, запеченный из мяса кур с капустой брокколи, пищевая, энергетическая ценность, экономическая эффективность производства

Development of technology for the production of poultry prophylactic products (roll, baked from chicken meat with broccoli cabbage)

Zinaida I. Lavrenova¹ lavrenova.zinaida@yandex.ru
Natal'ya E. Nazarova¹ nazarova-nnsaa@mail.ru

¹ Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Gagarin Avenue, 97, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. In the article results of researches on development of compounding and technology of manufacture of a new kind of meat production of functional purpose from poultry meat with partial replacement of meat raw material by a vegetative component – cabbage broccoli are resulted. As a result of the conducted studies and calculations, data were obtained on the indicators of quality and safety, food and energy value, economic efficiency of the production of a roll baked from chicken meat with broccoli cabbage. The addition of broccoli in the production of a roll of chicken meat contributed to the formation of an unusual figure of a roll on a cut: the light pink color of the meat and the bright green color of the broccoli cabbage. Experimental batches of roulet baked from chicken meat were produced by replacing meat with broccoli in the recipe as follows: sample No. 1 – replacement of meat raw material with broccoli 10.0%, sample No. 2 20.0%, No. 3 – 30.0% respectively. When the replacement of meat raw material with broccoli cabbage is increased, the content of fat mass fraction is significantly reduced from 19.0% (control sample) to 11.0% (sample No. 3). There is also a decrease in the protein content from 17.0% in the control sample to 11.0% in sample No. 3, as well as an increase in the mass fraction of carbohydrates from 0 (control sample) to 1.8% (sample No. 3). All examined samples of a roll baked from chicken meat with broccoli cabbage meet the requirements of regulatory documents on microbiological indicators. The results of calculations of the economic efficiency of the production of control and experimental samples of baked rolls from chicken meat indicate that it is economically most feasible to produce a roasted chicken roll with the addition of broccoli in the amount of 30% to the mass of unsalted raw materials.

Keywords: broccoli cabbage, production technology, roll, baked from chicken meat, food, energy value, economic efficiency of production

Введение

Одним из механизмов реализации государственной политики здорового питания является разработка и промышленный выпуск широкого ассортимента продуктов здорового питания, создаваемых с использованием наукоемких инновационных технологий. Это касается новых видов отечественных пищевых продуктов, в том числе обогащенных растительными компонентами, продуктов заданного химического состава, пищевых продуктов со сниженной калорийностью, диетических продуктов [1].

Использование этих продуктов направлено на достижение адекватной обеспеченности макро- и микронутриентами, минорными биологически активными компонентами пищи, оказывающими доказанное благоприятное влияние на физиологические функции и повышение адаптационного потенциала организма человека [2]. В ассортименте изделий мясной промышленности отсутствуют научно – обоснованные рецептуры комбинированных мясopодуKтов общего назначения с использованием композитов на растительной основе, соответствующие

Для цитирования

Лаврёнова З.И., Назарова Н.Е. Разработка технологии производства продуктов из мяса птицы профилактического назначения (рулет, запеченный из мяса кур с капустой брокколи) // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 4. С. 307–311. doi:10.20914/2310-1202-2018-4-307-311

For citation

Lavrenova Z.I., Nazarova N.E. Development of technology for the production of poultry prophylactic products (roll, baked from chicken meat with broccoli cabbage). *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 4. pp. 307–311. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-4-307-311

нормам здорового питания. Разработка рецептур мясных продуктов с пониженным содержанием жира является приоритетным направлением в развитии производства мясных продуктов для здорового питания [3].

В последнее время, с учетом сложившейся обстановки с курсами валют, использования в пищевой и перерабатывающей промышленности импортных функциональных добавок, считается перспективным использование функциональных композитов, полученных на основе традиционных отечественных растительных ресурсов [4].

К уникальным свойствам капусты брокколи можно отнести то, что она защищает сосуды от повреждений, которые провоцирует высокий уровень сахара в крови. В капусте брокколи есть активные вещества, которые имеют способность благоприятно влиять на работу нервной системы и сердца. Стоит также отметить большое количество клетчатки, которая есть в растении. Благодаря этому капуста брокколи имеет способность накапливать, а потом выводить из организма токсины и вредные вещества. Грубые волокна, которые не перевариваются, способствуют выведению холестерина из кишечника.

Целью исследований является разработка рецептуры и технологии производства нового вида мясной продукции «Рулет, запеченный из мяса кур» – с заданными функциональными свойствами для промышленного производства в предприятиях пищевой промышленности.

Материалы и методы

Модельная партия «Рулета, запеченного из мяса кур», вырабатывалась по технологии производства, предусмотренной ГОСТ Р 55499-2013 «Продукты из мяса птицы. Общие технические условия» и ТУ 10.13.14-057-51024574-2017 «Изделия из мяса птицы». Экспериментальные партии вырабатывались с заменой мяса на капусту брокколи в рецептуре следующим образом: образец № 1 – замена мясного сырья капустой брокколи 10,0%, образец № 2 – 20,0%, № 3 – 30,0% соответственно.

Исследования органолептических и физико-химических показателей опытных образцов оценивали по общепринятым методикам. Определение содержания жиров, белков, углеводов, поваренной соли и микробиологических показателей осуществляли в лаборатории Роспотребнадзора.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований экспериментальных образцов была проведена оценка органолептических показателей новых видов мясной продукции в сравнении с аналогом (контрольным образцом) (таблица 1).

Потребительские свойства экспериментальных образцов рулета приобрели приятную нотку капусты брокколи с мясным запахом и ароматом запеченного продукта.

Добавление капусты брокколи способствовало образованию необычного рисунка рулета на разрезе: светло-розовый цвет мяса и яркий зеленый цвет соцветий капусты брокколи.

Таблица 1.

Органолептические показатели образцов рулета, запеченного из мяса кур

Table 1.

Organoleptic characteristics of chicken roll samples

Наименование показателя Name of indicator	Характеристика образцов Characteristics of the samples			
	Контрольный образец Control sample	Образец № 1 (10% капусты брокколи) Sample № 1 (10% broccoli)	Образец № 2 (20% капусты брокколи) Sample № 2 (20% broccoli)	Образец № 3 (30% капусты брокколи) Sample № 3 (30% broccoli)
Внешний вид Appearance	Поверхность чистая, сухая, без выхватов мяса, края ровные, в коже The surface is clean, dry, without meat snags, the edges are smooth, in the skin			
Консистенция Consistency	Упругая Elastic			
Форма Form	Прямоугольно-овальная Rectangular-oval			
Вид и цвет на разрезе The type and color on the cut	Равномерно окрашенная мышечная ткань Evenly colored muscle tissue			
	Рисунок из красного и белого мяса, без костей и хрящей Drawing of red and white meat, without bones and cartilage	Рисунок из красного и белого мяса, без костей и хрящей, с вкраплениями кусочков капусты брокколи Drawing of red and white meat, without bones and cartilage, interspersed with pieces of broccoli	Рисунок из красного и белого мяса, без костей и хрящей, с заметными вкраплениями соцветий капусты брокколи Drawing of red and white meat, without bones and cartilage, with noticeable patches of broccoli inflorescences	Рисунок из красного и белого мяса, без костей и хрящей, с рисунком из соцветий капусты брокколи Drawing of red and white meat, without bones and cartilage, with a pattern of broccoli inflorescences
Запах и вкус Smell and taste	Мясной, с ароматом запеченного продукта Meat, with the aroma of baked product	Мясной, аромат запеченного продукта с незначительным привкусом капусты брокколи Meat, aroma of baked product with a slight taste of broccoli cabbage	Мясной, аромат запеченного продукта с приятным привкусом капусты брокколи Meat, aroma of baked product with a pleasant taste of broccoli cabbage	Мясной, аромат запеченного продукта с выраженным привкусом капусты брокколи Meat, aroma of baked product with a pronounced taste of broccoli cabbage

При увеличении замены мясного сырья капустой брокколи существенно снижается содержание массовой доли жира – с 19,0% (контрольный образец) до 11,0% (образец № 3). Также отмечается снижение содержания массовой доли белка с 17,0% в контрольном образце

до 11,0% в образце № 3 и увеличение содержания массовой доли углеводов с 0 (контрольный образец) до 1,8% (образец № 3).

Результаты определения физико-химических показателей представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Физико-химические показатели образцов рулета, запечённого из мяса кур

Table 2.

Physico-chemical parameters of the roll samples baked from chicken meat

Наименование показателя Name of indicator	Образцы рулета, запеченного из мяса кур Samples of chicken roll baked from chicken meat			
	Контрольный образец Control sample	Образец № 1 Sample № 1	Образец № 2 Sample № 2	Образец № 3 Sample № 3
Массовая доля белка, % The content of the mass fraction of protein, %	17,0	15,56	14,12	11,16
Массовая доля жира, % Content of fat mass fraction, %	19,0	15,0	14,0	11,0
Содержание поваренной соли, % Table salt content, %	3,2	3,2	3,2	3,2
Массовая доля углеводов, % Content of mass fraction of carbohydrates, %	–	0,6	1,2	1,8

Микробиологические показатели образцов исследовались на 1-е, 3-и и на 5-е сутки хранения (таблица 3).

Все исследуемые образцы рулета, запеченного из мяса кур с капустой брокколи, не содержат бактерий группы кишечной палочки, сальмонелл, клостридий, что свидетельствует о том, что добавление капусты брокколи при производстве нового вида мясной продукции функционального назначения не повлияло на

показатели безопасности в экспериментальных образцах № 1, 2 и 3.

Все исследуемые образцы соответствуют требованиям нормативной документации.

В ходе проведения экспериментальных работ был определён выход разработанного готового продукта.

Результаты расчета выхода готовой продукции – партий рулета, запеченного из мяса кур, представлены в таблице 4.

Таблица 3.

Микробиологические показатели рулета, запечённого из мяса кур

Table 3.

Microbiological indicators of the roll baked from chicken meat

Наименование показателя Name of indicator	Образцы рулета, запеченного из мяса кур Samples of chicken roll baked from chicken meat			
	Контрольный образец Control sample	Экспериментальные образцы Experimental sample		
		№ 1	№ 2	№ 3
КМАФАнМ, КОЕ в 1 г продукции QMAFAnM, CFU in 1 g of product	1 сутки day 1×10 ¹ 3 сутки day 1×10 ¹ 5 сутки day 1×10 ³	1 сутки day 1×10 ¹ 3 сутки day 1×10 ¹ 5 сутки day 1×10 ³	1 сутки day 1×10 ¹ 3 сутки day 1×10 ¹ 5 сутки day 1×10 ³	1 сутки day 1×10 ¹ 3 сутки day 1×10 ¹ 5 сутки day 1×10 ³
Бактерии группы кишечной палочки в 1 г продукта E. coli group bacteria in 1 g of product	Не обнаружено Not detected			
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы в 25 г продукта Pathogenic microorganisms, including Salmonella in 25 g of product	Не обнаружено Not detected			
Сульфитредуцирующие клостридии в 0,1 г продукта Sulfureuse, which is accompanied clostridia in 0.1 g of product	Не обнаружено Not detected			
S. aureus в 0,1 г продукта S. aureus in 0.1 g product	Не обнаружено Not detected			

Таблица 4.

Выход готовой продукции (партий рулета, запечённого из мяса кур)

Table 4.

Output of finished products (batches of rolls baked from chicken meat)

Образцы Sample	Основное сырье, кг Main raw material, kg	Фактический выход, кг Actual output, kg	Выход, % Output, %
Контрольный образец Control sample	50,0	42,5	85,0
Образец № 1 Sample № 1	50,0	41,0	82,0
Образец № 2 Sample № 2	50,0	40,0	80,0
Образец № 3 Sample № 3	50,0	39,0	78,0

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что по мере увеличения количества замены мясного сырья в рецептуре на капусту брокколи происходит незначительное снижение выхода готовой продукции – рулета, запечённого из мяса кур. В то же время сохраняются высокие потребительские свойства

готового продукта (внешний вид, консистенция, запах и вкус, вид и цвет на разрезе и др.).

В ходе исследований также был произведен расчет пищевой и энергетической ценности образцов рулета, запечённого из мяса кур с капустой брокколи (таблица 5).

Таблица 5.

Пищевая и энергетическая ценность рулета, запечённого из мяса кур

Table 5.

Nutritional and energy value of chicken rolls

Образцы Sample	Пищевая ценность в 100 г. продукта, г Nutritional value per 100 g of product, g			Энергетическая ценность, ккал Energy value, kcal
	Белок Protein	Жир Fat	Углеводы Carbohydrates	
Контрольный образец Control sample	17,0	19,0	–	239,00
Образец № 1 (10% капусты брокколи) Sample № 1 (10% broccoli)	15,56	15,0	1,1	201,64
Образец № 2 (20% капусты брокколи) Sample № 2 (20% broccoli)	14,12	14,0	2,2	191,28
Образец № 3 (30% капусты брокколи) Sample № 3 (30% broccoli)	11,16	11,0	3,3	156,84

Результаты исследований показали, что при внесении капусты брокколи в рецептуру рулета, запечённого из мяса кур, происходит снижение пищевой и энергетической ценности.

Внесение капусты брокколи в рецептуру рулета из мяса птицы позволило создать

продукт пониженной калорийности функционального назначения с высокими потребительскими свойствами.

Расчет экономической эффективности производства рулета, запечённого из мяса кур с капустой брокколи, представлен в таблице 6.

Таблица 6.

Экономическая эффективность производства рулета, запечённого из мяса кур

Table 6.

Economic efficiency of chicken roll production

Показатели Indicator	Образцы рулета, запечённого из мяса кур Samples of chicken roll baked from chicken meat			
	Контрольный образец Control sample	Образец № 1 (10% капусты брокколи) Sample № 1 (10% broccoli)	Образец № 2 (20% капусты брокколи) Sample № 2 (20% broccoli)	Образец № 3 (30% капусты брокколи) Sample № 3 (30% broccoli)
Годовой объем производства, т Annual output, t	13,8	13,8	13,8	13,8
Себестоимость 1 кг, руб. Cost of 1 kg, rubles	213,8	208,71	214,55	220,74
Полная себестоимость, тыс. руб. Total cost, thousand rubles	2950,44	2880,20	2960,79	3046,21
Цена реализации 1 кг, руб. Selling price of 1 kg, rubles	230,00	240,00	250,00	270,00
Денежная выручка, тыс. руб. Cash proceeds, thousand rubles	3174,00	3312,00	3450,00	3726,00
Годовая прибыль, тыс. руб. Annual profit, thousand rubles	223,56	431,80	489,21	679,79
Уровень рентабельности, % Level of profitability, %	7,6	15,0	16,5	22,3

Учитывая результаты расчетов экономической эффективности производства контрольного и экспериментальных образцов запеченного рулета из мяса кур, затраты на годовой выпуск, себестоимость производства 1 кг рулета, его отпускную цену, возможный размер полученной прибыли и уровень рентабельности, очевидно, что экономически наиболее целесообразно производство рулета, запеченного из мяса кур с добавлением в рецептуру капусты брокколи в количестве 30% к массе несоленого сырья (экспериментальный образец № 3).

Выводы

1. Потребительские свойства экспериментальных образцов с добавлением капусты брокколи выгодно отличаются от контрольного образца.

ЛИТЕРАТУРА

1 Issayeva K.S. et al. Formulation and development of production technology of meat products – therapeutic cutlets // Research Methods. 2015. P. 1-3.

2 State policy of the Russian Federation in the field of healthy nutrition: Report. Moscow: Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare, 2015. 89p.

3 Ireland T. The artificial meat factory – the science of your synthetic supper // Manufacturing meat in vitro. 2017. P. 3-6.

4 Лаврёнова З.И., Бабенко И.А., Денисюк Е.А., Залётова Т.В., Влияние маринада на основе молочной сыворотки на качество, безопасность, экономическую эффективность производства шашлыка из мяса птицы // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2017. № 4. С. 69–75.

5 Назарова Н.Е. Инновации в технологии производства продуктов здорового питания // Современная наука: инновации, гипотезы, открытия. Материалы и доклады всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Княгинино.: Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, 2017. С. 222–225.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Зинаида И. Лаврёнова старший преподаватель, кафедра товароведения и переработки продукции животноводства, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, г. Нижний Новгород, пр-т Гагарина, 97, lavrenova.zinaida@yandex.ru

Наталья Е. Назарова к.т.н., доцент, Кафедра товароведения и переработки продукции животноводства, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, г. Нижний Новгород, пр-т Гагарина, 97, nazarova-nnsaa@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Зинаида И. Лаврёнова предложила методику проведения эксперимента и организовала производственные испытания

Наталья Е. Назарова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, консультация в ходе исследования; написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 15.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 03.08.2018

2. Результаты оценки микробиологических показателей подтвердили гарантированную безопасность нового вида мясного продукта на протяжении всего срока хранения независимо от количества заменяемого мясного сырья капустой брокколи.

3. Внесение капусты брокколи в рецептуру рулета из мяса птицы позволило создать продукт пониженной калорийности, функционального назначения.

При увеличении в рецептуре рулета запеченного из мяса кур количества заменяемого мясного сырья капустой брокколи возрастает уровень рентабельности производства данной продукции.

REFERENCES

1 Issayeva K.S. et al. Formulation and development of production technology of meat products – therapeutic cutlets. Research Methods. 2015. pp. 1-3.

2 State policy of the Russian Federation in the field of healthy nutrition: Report. Moscow, Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare, 2015. 89 p.

3 Ireland T. The artificial meat factory – the science of your synthetic supper. Manufacturing meat in vitro. 2017. pp. 3-6.

4 Lavrenova Z.I., Babenko I.A., Denisjuk E.A., Zaletova T.V. Influence of marinade based on whey on quality, safety, economic efficiency of production of shish kebab from poultry meat. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Michurin State Agrarian University] 2017. no. 4. pp. 69–75. (in Russian)

5 Nazarova N.E. Innovations in the technology of healthy food production. *Sovremennaya nauka innovatsii gipotezy otkrytiia Materialy i doklady vs Rossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Modern science: innovations, hypotheses, discoveries. Materials and reports of the all-Russian scientific-practical conference with international participation] Knyaginino, Nizhny Novgorod State Engineering and Economics Institute, 2017. pp. 222–225. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Zinaida I. Lavrenova senior lecturer, commodity research and processing of livestock products department, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Gagarin Avenue, 97, Nizhny Novgorod, Russia, lavrenova.zinaida@yandex.ru

Natalia E. Nazarova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Commodity research and processing of livestock products department, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Gagarin Avenue, 97, Nizhny Novgorod, Russia, nazarova-nnsaa@mail.ru

CONTRIBUTION

Zinaida I. Lavrenova proposed a methodology for the experiment and organized production tests

Natalia E. Nazarova overview of the literature on an investigated problem, the advice in the course of the study, wrote the manuscript, corrected it before submission to the editorial office and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.15.2018

ACCEPTED 8.3.2018

Химическая технология

Краткое сообщение/Short message

УДК 54.03

DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-312-316>

Влияние морской среды на свойства текстильных материалов для одежды

Ирина В. Черунова	¹	i_sch@mail.ru
Анна М. Коринтели	¹	hitarova2015@yandex.ru
Мария П. Стенькина	¹	s-akura@yandex.ru
Татьяна Ю. Лесникова	¹	tanyarule@mail.ru

¹ Донской государственный технический университет, Шевченко, 147, г. Шахты, 346500, Россия

Реферат. В статье представлены данные о влиянии морской среды на текстильные материалы. Обоснованы агрессивные компоненты морской среды, контактирующие с поверхностью одежды: морская соль и нефть. Морская соль является неотъемлемой частью морской воды и накапливается в структуре одежды. Нефть включается в компоненты морской воды в чрезвычайных ситуациях на объектах морской добычи и морского транспорта нефти и нефтепродуктов. Это приводит к изменению свойств текстильных материалов, которые зависят от концентрации агрессивных компонент в структуре текстильных материалов. Активную концентрацию агрессивных компонентов в текстиле определяет его способность к поглощению жидкости. Установлены особенности изменения объема различных текстильных волокон при взаимодействии с жидкостями. Обоснована структура морской соли и химический состав нефти, которые определяют изменение свойств контактирующего с ними текстиля. В результате систематизации современных данных о материалах для одежды, применяемой в морских технологиях, сформирована информационная база ведущих современных волокнистых материалов для защитной одежды, и выделены опорные материалы для исследований. Установлено, что наличие морской соли во влажной контактной среде с поверхностью специальной ткани на хлопчатобумажной основе для всех образцов материалов приводит к снижению их капиллярности. Установлено, что пакеты материалов на основе тканей из смешанных волокон имеют показатели проницаемости по отношению к сырой нефти ниже хлопчатобумажных поверхностей одежды. При этом использование в комплекте с такими материалами утеплителей типа холлофайбер снижает уровень насыщения одежды рассмотренными жидкостями. В статье представлены экспериментально полученные данные о проницаемости морской воды и нефти в специальные материалы для одежды. Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки России в Донском государственном техническом университете в рамках Государственного задания 2017–2019 гг. по проекту №11.9194.2017/БЧ.

Ключевые слова: текстильные материалы, капиллярность, водопоглощение, морская вода, нефть, свойства одежды

The influence of the marine environment on the properties of clothestextile materials for clothing

Irina V. Cherunova	¹	i_sch@mail.ru
Anna M. Korinteli	¹	hitarova2015@yandex.ru
Maria P. Stenkina	¹	s-akura@yandex.ru
Tatyana Yu. Lesnikova	¹	tanyarule@mail.ru

¹ Don State Technical University, Shevchenko, 147, Shakhty, 346500, Russia

Summary. The article presents data on the influence of the marine environment on textile materials. Aggressive components of the marine environment that contact the surface of clothing (sea salt and oil) are justified. Sea salt is an integral part of seawater. It accumulates in the clothing structure. Oil is included in the components of seawater in emergency situations at offshore oil and petroleum products and sea transport facilities. This leads to a change in the properties of textile materials, which depend on the concentration of aggressive components in the structure of textile materials. The active concentration of aggressive components in textiles is determined by its ability to absorb liquid. Specific features of changing the volume of various textile fibers during interaction with liquids are established. Structure of sea salt and the chemical composition of oil. This determines the change in the properties of the textile in contact with them. The structure of sea salt and the chemical composition of oil is justified. This determines the change in the properties of textiles. As a result of the systematization of modern data on clothing materials that are used in marine technology, the information base of the leading modern fibrous materials for protective clothing was formed. The reference materials for research are allocated. It was found that the presence of sea salt in a moist contact medium with a surface of a special fabric on a cotton basis for all samples of materials led to a decrease in their capillarity. It has been established that packages of materials based on mixed-fiber fabrics have permeability parameters with respect to crude oil below the cotton garment surfaces. The application in combination with such materials of holofiber insulation reduces the level of saturation of clothing with the liquids examined. The article presents experimental data on the permeability of sea water and oil in special materials for clothing. The work was supported by the Ministry of Education and Science of Russia in the Don State Technical University within the framework of the State task 2017–2019 under the project No. 11.9194.2017/БЧ.

Keywords: textile materials, capillarity, water absorption, sea water, oil, properties of clothing

Для цитирования

Черунова И.В., Коринтели А.М., Стенькина М.П., Лесникова Т.Ю. Влияние морской среды на свойства текстильных материалов для одежды // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 312–316. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-312-316

For citation

Cherunova I.V., Korinteli A.M., Stenkina M.P., Lesnikova T.Yu. The influence of the marine environment on the properties of clothestextile materials for clothing. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 312–316. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-312-316

Введение

Комфорт и безопасность человека, занятого в морской индустрии, обеспечивается защитной одеждой [1]. Особенности жизнедеятельности человека здесь связаны с систематическими видами работ на море [2] и с чрезвычайными ситуациями. Результаты исследований [3] свидетельствуют, что несмотря на развитие технологий безопасности в последнее десятилетие последствия аварий на море остались в среднем на постоянном уровне. Большую долю в последствиях чрезвычайных ситуаций на море занимает разлив нефти [4]. Таким образом, типичные и чрезвычайные условия жизнедеятельности человека на море сопровождаются, как правило, контактом с морской водой и периодически сырой нефтью и ее продуктами. В первую очередь, этот контакт происходит с поверхностью одежды. Морская соль накапливается в структуре одежды. Нефть включается в компоненты морской воды в чрезвычайных ситуациях на объектах морской добычи и морского транспорта нефти и нефтепродуктов. Это приводит к изменению свойств текстильных материалов, которые зависят от концентрации агрессивных компонентов в структуре текстильных материалов [5]. Наличие морской соли и / или нефти на поверхности и в слоях одежды может приводить к потере её первичных защитных свойств, а также общего эксплуатационного комфорта. Цель работы исследование способности текстильных материалов к поглощению влаги, морской соли и сырой нефти для оценки вероятности потери защитных свойств одежды.

Активную концентрацию агрессивных компонентов в текстиле определяет его способность к поглощению жидких веществ. Влияние влаги на свойства текстильных материалов имеет много аспектов исследований, в том числе влияние на прочность материалов [6], их тепловые и гигиенические свойства. Однако влияние морской соли и нефти на одежду остается малоизученным. Активность проникновения морской соли в текстильные материалы во многом зависит от способности к впитыванию влаги текстильными волокнами [5]. В таблице 1 представлены систематизированные данные об уровне увеличения объема волокон различной природы при контакте с жидкостью [7]. Разная способность текстильных волокон к изменению объема и взаимодействию с жидкостями объясняется их химическим составом, молекулярной структурой и характеристиками жидкости. Существуют исследования, которые учитывают не только взаимодействие текстиля с базовой

фазой жидкости, но и её производными (пены). Полученная авторами [8] модель может быть использована для описания полуколичественного процесса впитывания пены. Экспериментальные исследования поглощения текстилем жидкости выполнялись в автономном режиме и показали некоторые аномалии реологических свойств [9], которые имеют частичные описания с использованием разных теоретических подходов [8]. Агрессивные компоненты морской воды имеют особые характеристики. Морская соль представляет собой кристаллы, которые способны внедряться в структуру текстиля и задерживаться в ней [10]. В отличие от морской соли нефть представляет собой смесь углеводородов различного молекулярного веса. Они имеют разные температуры кипения с гетероатомами кислорода, серы, азота, некоторых металлов и органических кислот. Известны основные структурные элементы нефти: углерод, водород, сера, азот и металлы. Однако известных описаний свойств текстильных материалов, контактирующих в одежде с перечисленными компонентами, недостаточно. Поэтому исследование материалов под воздействием агрессивных компонентов морской среды представляет научный интерес для повышения качества процессов создания и надежности эксплуатации одежды.

Экспериментальные исследования проницаемости морской соли и нефти в современные защитные ткани позволяют обосновать оценку и прогнозирование поведения защитной одежды в сложных условиях морской среды.

Анализ представленных данных (таблица 1) показывает, что средний уровень изменения увлажненного объема волокон относительно других вариантов характерен для хлопка и льна. Это позволяет рассматривать данные волокна в качестве основы материалов, наиболее предрасположенных к воздействию морской среды. В результате систематизации современных данных о материалах для одежды, применяемой в морских технологиях, сформирована информационная база ведущих современных волокнистых материалов для защитной одежды [11]. Для проведения исследований были выделены опорные материалы, которые имеют широкое применение и высокие эксплуатационные свойства [12] из группы защитных тканей на основе хлопчатобумажных волокон с огнезащитными свойствами [13]. Большой перечень защитных свойств и технологических отделок в данной группе материалов присутствует в защитных тканях типа Flamestat cotton/Flameshield [13]. На их основе проведены исследования процессов поглощения ими жидкостей.

Объемные характеристики водопоглощения текстильных волокон

Table 1.

Volumetric characteristics of water absorption of textile fibers

Волокно	Возрастание (Increase), %		
	Длина волокна Fiber length	Площадь поперечного сечения волокна Fiber cross-sectional area	Объем волокон Volume of fibers
Хлопок Cotton	1,0–1,2	22–42	40–45
Лен Flax	1,0–1,2	25–40	40–45
Шерсть Wool	1,2–1,8	18–38	36–41
Натуральный шелк Natural silk	1,5	20	30–40
Вискоза (комплексная) Viscose (complex)	3–5	40–50	80–110
Вискоза (штапельная) Viscose (staple)	5–8	50–65	95–120
Бенгалин Bengaline	–	–	60–65
Ацетат Acetate	0,1	6–11	20–25
Триацетат Triacetate	–	–	12–18
Нейлон Nylon	1,2	2–5	10–14
Лавсан Lavsan	–	–	3–5
Нитрон Nitron	–	–	4–6
Итого Result	1,1	8–10	25

Материалы и методы

Для установления влияния морской соли на насыщение влагой материалов были проведены экспериментальные исследования изменения показателей их капиллярности в соответствии с ГОСТ при различных условиях: в простой воде, солевом растворе, а также после выдержки образцов в нормальных условиях. Условия эксперимента: раствор морской соли 12%, температура 22 °С, влажность воздуха 66%, в качестве устройства нормирования соли использован солемер Kelilong KL-1385-KL. Для сравнительного анализа были использованы материалы родственного типа: ткань «Универсал» двух плотностей – 380 и 350 г./м² производства Walls, имеющая в своем переплетении 100 % хлопчатобумажных волокон с встроенной антистатической нитью. Каждая ткань имеет огнестойкую отделку.

Результаты и обсуждение

Результаты представлены на рисунке 1.

Выявленное поведение материалов характерно для контакта с морской солью текстильных волокон по перпендикулярному срезу. Полученные данные говорят о том, что можно ожидать невысокий уровень насыщения специальных тканей агрессивными жидкостями со стороны продольной.

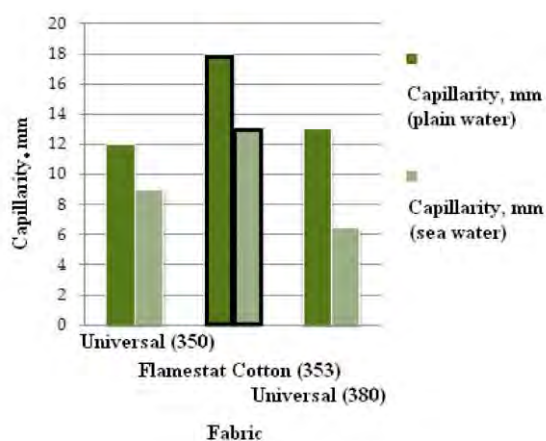


Рисунок 1. Влияние морской соли на капиллярность защитных текстильных материалов для одежды

Figure 1. Effect of sea salt on the capillarity of protective textile materials for clothing

В отличие от водного раствора морской соли сырая нефть имеет другие показатели вязкости [10]. Поэтому прогнозировать проницаемость нефти в текстильные материалы, опираясь на данные взаимодействия с простой и морской водой, нельзя. При этом важно исследовать не только поведение материала поверхности одежды, который в той или иной мере насыщается компонентами агрессивных жидкостей [13]. Большое значение имеет оценка проницаемости таких жидкостей в глубину пакета текстильных материалов. Внутренние слои данной одежды состоят из волокнистых объемных материалов различной природы.

Заключение

На основе проведенных исследований [7] в соответствии с рисунком 1 установлено, что наличие морской соли во влажной контактной среде с поверхностью специальной ткани на хлопчатобумажной основе для всех образцов материалов приводит к снижению их капиллярности. Установлено, что пакеты материалов на основе тканей из смешанных волокон имеют показатели проницаемости по отношению к сырой нефти ниже хлопчатобумажных поверхностей одежды. При этом использование в комплекте с такими материалами утеплителей типа холлофайбера снижает уровень насыщения одежды рассмотренными жидкостями.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 ГОСТ Р 12.4.236 – 2011. Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от пониженных температур. Введен 01.12.2011. М.: Стандартинформ, 2012. 31 с.
- 2 Сирота Е.Н. Развитие технологий проектирования гидрокостюмов // Инженерный вестник Дона. 2016. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3696.
- 3 Eleftheria E., Apostolos P., Markos V. Statistical analysis of ship accidents and review of safety level // Safety Science. 2016. P. 282–292.
- 4 Statistical analysis. Alerts and accidents database. Regional Information System (RIS). Valetta, 2011. 33 p.
- 5 Пат. 2253858, RU, МПК G 01 № 15/08, 33/36. Способ определения водопоглощаемости объемных текстильных материалов из полиэфирных волокон / Сергеев С.Н., Бринк И.Ю., Урванцева М.Л. № 2003133726/28; Заявл. 2003133726; Опубл. 10.06.2005, Бюл. № 16.
- 6 Mansoor I., Munazza S., Aleem A., Kamran A. et al. Textile Environmental Conditioning: Effect of Relative Humidity Variation on the Tensile Properties of Different Fabrics // Journal of Analytical Sciences. 2012. V. 2. P. 92–97.
- 7 Cherunova I., Lesnikova T., Korinteli A. Effect of Aggressive Components of the Marine Environment the Protective Properties of the Textile Materials // Solid State Phenomena. 2017. V. 265. P. 187–191.
- 8 Bard E., Mollendor J. Predicting the Thermal Conductivity of Foam Neoprene at Elevated Ambient Pressure // Journal of Thermal Science and Engineering Applications. 2010. V. 2. P. 5.
- 9 Chen Daniel T.N., Wen Qi, Janmey P.A., Crocker J.C. et al. Rheology of Soft Materials // Annual Review of Condensed Matter Physics. 2010. V. 1. P. 301–322.
- 10 Desarnaud J., Derluyn H., Molari L., Miranda S. et al. Drying of salt contaminated porous media: Effect of primary and secondary nucleation // American Institute of Physics, Journal of Applied Physics. 2015. V. 118. № 11. P. 114901. doi: 10.1063/1.4930292
- 11 Cherunov P.V., Cherunova I.V., Knyazeva S.V., Stenkina M.P. et al. The development of the research techniques of structure and properties of composite textile materials when interacting with viscous fractions of hydrocarbon // Proceedings of the 7th International Conference on Textile Composites and Inflatable Structures, Structural membranes 2015, Barselone. 2015. P. 555–564.

Представленные результаты позволяют идентифицировать водный раствор морской соли и сырую нефть как жидкости, которые сохраняют основные тенденции зависимости насыщения ими материалов различного состава волокон. При этом солевая среда приводит к общему снижению движения жидкости от конца волокон по их длине. Полученные данные представляют собой новый элемент информационной базы для оценки процессов взаимодействия одежды с жидкими компонентами морской среды. Это позволяет прогнозировать и обеспечивать более высокий уровень стабильности исходных защитных свойств одежды, эксплуатируемой в условиях агрессивной морской среды.

12 Еремина Ю.В., Куринова С.В. Разработка компьютерной программы для выбора рационального пакета материалов // Сборник Инновационные направления развития в образовании, экономике, технике и технологиях. Научно-практическая конференция, посвященная 85-летию ДГТУ. под общей редакцией В.Е. Жидкова, 2015. С. 304–309.

REFERENCES

- 1 GOST R 12.4.236–2011. Sistema standartov bezopasnosti truda. Odezhda special'naya dlya zashchity ot ponizhennykh temperatur [State Standard 12.4.236–2011. Occupational safety standards system. Special clothing for protection against low temperatures]. Moscow, Standartinform, 2012. 31 p. (in Russian)
- 2 Sirota E.N. Development of wetsuit design technologies. *Inzhenernyj vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don]. 2016. no. 3. Available at: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3696. (in Russian)
- 3 Eleftheria E., Apostolos P., Markos V. Statistical analysis of ship accidents and review of safety level. Safety Science. 2016. pp. 282–292.
- 4 Statistical analysis. Alerts and accidents database. Regional Information System (RIS). Valetta, 2011. 33 p.
- 5 Sergeenko S.N., Brink I. Yu., Urvantseva M.L. Sposob opredeleniya vodopogloshchaemosti obemnykh tekstil'nykh materialov iz poliehfirnykh volokon [Method for determining the water absorption of bulk textile materials from polyester fibers]. Patent RF, no. 2253858, 2005. (in Russian)
- 6 Mansoor I., Munazza S., Aleem A., Kamran A. et al. Textile Environmental Conditioning: Effect of Relative Humidity Variation on the Tensile Properties of Different Fabrics. Journal of Analytical Sciences. 2012. vol. 2. pp. 92–97.
- 7 Cherunova I., Lesnikova T., Korinteli A. Effect of Aggressive Components of the Marine Environment the Protective Properties of the Textile Materials. Solid State Phenomena. 2017. vol. 265. pp. 187–191.
- 8 Bard E., Mollendor J. Predicting the Thermal Conductivity of Foam Neoprene at Elevated Ambient Pressure. Journal of Thermal Science and Engineering Applications. 2010. vol. 2. pp. 5.
- 9 Chen Daniel T.N., Wen Qi, Janmey P.A., Crocker J.C. et al. Rheology of Soft Materials. Annual Review of Condensed Matter Physics. 2010. vol. 1. pp. 301–322.

10 Desarnaud J., Derluyn H., Molari L., Miranda S. et al. Drying of salt contaminated porous media: Effect of primary and secondary nucleation. American Institute of Physics, Journal of Applied Physics. 2015. vol. 118. no. 11. pp. 114901. doi: 10.1063/1.4930292

11 Cherunov P.V., Cherunova I.V., Knyazeva S.V., Stenkina M.P. et al. The development of the research techniques of structure and properties of composite textile materials when interacting with viscous fractions of hydrocarbon. Proceedings of the 7th International Conference

on Textile Composites and Inflatable Structures, Structural membranes 2015, Barselone. 2015, pp. 555–564.

12 Eremina Yu.V., Kurenova S.V. Development of a computer program for choosing a rational package of materials. *Sbornik Innovacionnye napravleniya razvitiya v obrazovanii, ehkonomie, tekhnike i tekhnologiyah* [The collection Innovative directions of development in education, economics, technology and technologies. Scientific and practical conference dedicated to the 85th anniversary of Don state technical university. under the general scientific version of V.E. Zhidkova]. 2015, pp. 304–309. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ирина В. Черунова д.т.н., профессор, кафедра конструирования, технологий и дизайна, Донской государственный технический университет, Шевченко, 147, г. Шахты, 346500, Россия, i_sch@mail.ru

Анна М. Коринтели студент, кафедра конструирования, технологий и дизайна, Донской государственный технический университет, Шевченко, 147, г. Шахты, 346500, Россия, hitarova2015@yandex.ru

Мария П. Стенькина аспирант, кафедра конструирования, технологии и дизайна, Донской государственный технический университет, Шевченко, 147, г. Шахты, 346500, Россия, s-akura@yandex.ru

Татьяна Ю. Лесникова аспирант, кафедра конструирования, технологий и дизайна, Донской государственный технический университет, Шевченко, 147, г. Шахты, 346500, Россия, tanyarule@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Ирина В. Черунова консультация в ходе исследования

Анна М. Коринтели проведение эксперимента

Мария П. Стенькина анализ литературных источников

Татьяна Ю. Лесникова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 06.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 12.04.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Irina V. Cherunova Dr. Sci. (Engin.), professor, construction, technologies and design department, Don state technical university, Shevchenko, 147, Shakhty, 346500, Russia, i_sch@mail.ru

Anna M. Korinteli student, construction, technologies and design department, Don state technical university, Shevchenko, 147, Shakhty, 346500, Russia, hitarova2015@yandex.ru

Maria P. Stenkina graduate student, construction, technologies and design department, Don state technical university, Shevchenko, 147, Shakhty, 346500, Russia, s-akura@yandex.ru

Tatyana Yu. Lesnikova graduate student, construction, technologies and design department, Don state technical university, Shevchenko, 147, Shakhty, 346500, Russia, tanyarule@mail.ru

CONTRIBUTION

Irina V. Cherunova consultation during the study

Anna M. Korinteli conducted an experiment

Maria P. Stenkina review of the literature on an investigated problem

Tatyana Yu. Lesnikova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.6.2018

ACCEPTED 4.12.2018

Извлечение алюминия при комплексной переработке красных шламов

Александр В. Бояринцев	¹	boyarin_sanya@mail.ru
Маунг Маунг Аунг	¹	polluxaung@gmail.com
Хтет Йе Аунг	¹	htetyeaung61058@gmail.com
Сергей И. Степанов	¹	chao_step@mail.ru

¹ Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Миусская пл., 9, г. Москва, 125047, Россия

Реферат. Комплексная переработка «красных шламов» (КШ) – отходов переработки бокситов по методу Байера, является одной из важных задач утилизации токсичных промышленных отходов. Изучена возможность извлечения алюминия из КШ «Богословского алюминиевого завода» филиала ОАО «Сибирско-Уральской алюминиевой компании», содержащих до 14 % алюминия, в водные растворы NaOH с утилизацией содержащейся в них остаточной щелочи при атмосферном давлении и температурах, близких к температуре кипения растворов выщелачивания. Показано, что зависимость степени извлечения алюминия из КШ в водные растворы NaOH от времени проходит через максимум, обусловленный образованием вторичных осадков алюминия. Причиной вторичного осадкообразования является взаимодействие кремния, переходящего в щелочные растворы, с алюминием с образованием нерастворимых алюмосиликатов, например, состава $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Определены условия выщелачивания, при которых образуются устойчивые алюминатные растворы, не образующие во времени вторичные осадки. Максимально достигнутые величины степеней извлечения алюминия в безавтоклавных условиях составляют 20-25 % от его содержания в КШ. Удаление щелочи и части алюминия на первой стадии комплексной переработки КШ приводит к их обогащению по железу, что позволяет использовать кеки от выщелачивания алюминия и карбонатного выщелачивания скандия для пирометаллургического восстановления с образованием металлического железа и шлака, в который переходят неизвлеченные элементы, в том числе остаточный алюминий, скандий, сумма редкоземельных элементов, титан и цирконий. Значительное снижение объемов такого шлака по сравнению с исходным объемом КШ и концентрирование в нем всех ценных компонентов открывает более широкие возможности для их дальнейшего выделения кислотными методами с получением ряда товарных продуктов на основе алюминия, оксида скандия высокой чистоты, металлического железа и соединений других редких металлов.

Ключевые слова: красные шламы, алюминий, извлечение, щелочные растворы, комплексная переработка

Aluminium leaching from red muds for their complexing reprocessing

Aleksandr V. Boyarintsev	¹	boyarin_sanya@mail.ru
Maung Maung Aung	¹	polluxaung@gmail.com
Khtet Je Aung	¹	htetyeaung61058@gmail.com
Sergej I. Stepanov	¹	chao_step@mail.ru

¹ Russian University of chemical technology named after D.I. Mendeleev, Miusskaya sq., 9, Moscow, 125047, Russia

Summary. Complexing processing of «red muds» (R.M.) - waste of bauxite reprocessing by the Bayer's method, is one of the important tasks of toxic industrial waste utilization. Studied the possibility of aluminum leaching from the R.M. which content reach 14 %, received from Bogoslovsky aluminum plant of JSC «Siberian-Urals Aluminium Company» by aqueous solutions of NaOH. The process was carried out at atmospheric pressure and temperatures near to the boiling point of leaching solutions with the utilization of the residual alkali. The time's dependence of the aluminum leaching degree from the R.M. by aqueous solutions of NaOH passes through the maximum due to the formation of secondary precipitation of aluminum. The cause of secondary sedimentation is the interaction of silicon with aluminum with formation of insoluble aluminosilicates, for example, $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. The conditions of leaching, under which the formation of stable aluminate solutions during the time do not form of secondary precipitations were established. The maximum achieved values of the aluminum leaching degree in autoclave-free conditions was reach 20-25 %. The removal of alkali and part of aluminum under the first stage of complexing processing of R.M. leads to their enrichment in iron. The cakes from aluminum leaching and next carbonate scandium leaching can be used for pyrometallurgical recovery of iron and slag, in which untreated elements are passed, including residual aluminum, scandium, sum of rare earth elements, titanium and zirconium. A significant decrease in the volume of slag opens more opportunities for further isolation their components by acidic methods.

Keywords: red muds, Aluminium, leaching, alkaline solutions, complexing reprocessing

Введение

Комплексная переработка так называемых «красных шламов» (КШ) – отходов переработки бокситов по методу Байера, является одной из важных задач утилизации токсичных промышленных отходов не только в нашей стране, но и во многих других странах. Достаточно отметить, что общее количество КШ,

накопленных к настоящему времени в мире, достигает 1 млрд 200 млн тонн [1]. О комплексной переработке КШ имеется обширная научная литература [2–5], однако до настоящего времени устоявшейся промышленной технологии не внедрено. Различные варианты обращения с КШ могут быть сведены к двум основным направлениям исследований в этой области.

Для цитирования

Бояринцев А.В., Маунг Аунг Маунг, Йе Аунг Хтет, Степанов С.И. Извлечение алюминия при комплексной переработке красных шламов // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 317–322. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-317-322

For citation

Boyarintsev A.V., Maung Aung Maung, Ye Aung Htet, Stepanov S.I. Aluminium leaching from red muds for their complexing reprocessing. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 317–322. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-317-322

Первое из них связано с разработкой новых, более эффективных и экологически безопасных методов хранения КШ в специально оборудованных хранилищах. Однако значительное количество вновь получаемых КШ при переработке бокситового сырья (из 1 т переработанных бокситов образуется 1,5 т КШ) не позволяет рассматривать эти методы как эффективные на долгосрочную перспективу. Поэтому вторым направлением исследований является разработка методов комплексной переработки КШ с получением из них ликвидных продуктов на основе тех ценных компонентов, которые содержатся в КШ. Это, прежде всего, остаточный алюминий, содержание которого достигает 14–16%, железо в различных оксидных формах, которые составляют почти 50% КШ, редкие элементы: скандий, редкоземельные элементы (РЗЭ), титан, цирконий, ванадий, галлий.

Комплексная переработка КШ требует обработки больших объемов этого техногенного сырья перед извлечением из него ценных компонентов с низким содержанием, таких, как скандий (100–130 г./т) или РЗЭ (2,0–2,5 кг/т). Разнообразные схемы комплексной переработки включают в себя определенную последовательность операций извлечения как макрокомпонентов КШ, так и микрокомпонентов, имеющих высокую ценовую стоимость [1].

Вариант комплексной переработки КШ был предложен нами и опубликован в материалах конференции по получению и применению редкоземельных и редких металлов в 2017 г. [6]. Согласно этому варианту проводят последовательное извлечение из КШ алюминия с использованием щелочи, содержащейся до 5% в самих КШ, скандия, циркония и титана при выщелачивании карбонатными растворами и сатурации углекислым газом, обогащение железосодержащей части КШ по железу с использованием метода магнитной сепарации с последующим выделением железа восстановительной плавкой из обогащенной части и кислотной переработкой немагнитной фракции с извлечением суммы редкоземельных элементов (РЗЭ), остатков скандия и других ценных компонентов.

Начальная часть предложенной схемы комплексной переработки КШ ранее была экспериментально обоснована в работах сотрудников ИХТТ УрО РАН по карбонатному выщелачиванию скандия из КШ и автоклавному щелочному выделению алюминия в присутствии СаО в условиях повышенных давлений и температур [3,7]. Степени извлечения скандия на этапе карбонатного выщелачивания с углекислотной сатурацией, достигнутые в работах Яценко и Пягая [3–4], составили не более 20–25% при попутном выделении титана в карбонатные растворы на 30% и циркония – на 50%.

Значительно более высокие результаты были получены при доизвлечении алюминия (до 70%) в щелочные растворы в присутствии оксида кальция, но при повышенном давлении и температуре 280 °С, что на 30 °С выше, чем в промышленных автоклавах по способу Байера [7]. Эти результаты свидетельствуют о крайне прочной связанности алюминия в соединениях, представленных в КШ алюмогетитом, шамозитом, гидроалюмосиликатом натрия, кальций-алюмосиликатами различного состава.

Цель работы – изучение возможности доизвлечения алюминия из КШ в щелочные растворы с использованием остаточной щелочи, содержащейся в КШ, при атмосферном давлении и повышенных температурах, близких к температуре кипения растворов выщелачивания.

Материалы и методы

В качестве исходных КШ использовали шламы «Богословского алюминиевого завода» филиала ОАО «Сибирско-Уральской алюминиевой компании» («БАЗ» филиал ОАО «СУАЛ») следующего состава, в % мас.:

Al₂O₃–14,21, Fe₂O₃–41,5, СаО – 12,14, MgO – 1,6, SiO₂–9,75, Na₂O – 4,52, K₂O – 0,19, TiO₂–3,78, P₂O₅–0,76, S – 1,45 CO₂–11,1, Sc – 0,012, ΣLn – 0,122. Фракционный состав КШ следующий, в % мас.: > 180 мкм – 36,6; 125–180 мкм – 29,2; 90–125 мкм – 17,0; 63–90 мкм – 14,5; 45–63 мкм – 2,6; < 45 мкм – 0,2. В качестве щелочи использовали гидроксид натрия NaOH, квалификации «ч». Выщелачивание алюминия проводили в стальном реакторе, снабженном обратным холодильником, при интенсивном перемешивании механической мешалкой, атмосферном давлении и температурах, близких к температуре кипения исходных растворов щелочи. Для определения кинетики процесса выщелачивания периодически отбирали пробы пульпы, твердую фазу отфильтровывали на фильтре «белая лента», а жидкую фазу анализировали на содержание алюминия комплексонометрическим титрованием в соответствии с [8]. Спекание КШ с твердым NaOH проводили в тиглях в муфельной печи с регулируемой температурой спекания. Перед спеканием навеску КШ ~ 100 г смешивали в ступке с навеской 25–50 г NaOH, переносили в тигель и помещали в предварительно нагретую до заданной температуры печь. После выдержки в течение 1 ч тигель со спеком помещали в эксикатор с осушителем (гранулами CaCl₂) и охлаждали до комнатной температуры, после чего использовали для выщелачивания из спека алюминия воду или водные растворы NaOH.

Результаты и обсуждение

В таблице 1 представлены зависимости степени извлечения алюминия (P_{Al}) из КШ от времени при выщелачивании 2–10 моль/л водными растворами NaOH при температуре $100 \pm 5^\circ\text{C}$ и массово-объемном соотношении твердой и жидкой фаз $T : Ж = 1:5$. Достижимые степени извлечения для всех рассмотренных исходных концентраций гидроксида натрия не превышают 15–17% от исходного содержания алюминия в КШ. С ростом концентрации NaOH величины P_{Al} возрастают с ~ 9 до 17%, однако при концентрациях 7–10 М NaOH кривые выщелачивания проходят через максимум

в области 150–400 мин, после которого содержание алюминия в растворе падает. Эти данные свидетельствуют об образовании вторичных осадков, содержащих алюминий, что в конечном итоге приводит к снижению его концентрации в щелочном растворе.

Устойчивые во времени щелочные растворы алюминия были получены при использовании для выщелачивания 4,0 М водного раствора NaOH. Для такого раствора наблюдали максимальное извлечение алюминия на уровне 16–17% без снижения его концентрации в продолжении всего процесса выщелачивания.

Таблица 1.

Зависимость P_{Al} от времени при выщелачивании из КШ водными растворами NaOH; температура $100 \pm 5^\circ\text{C}$, $T : Ж = 1:5$

Table 1.

The dependence of the P_{Al} vs time under leaching from the R.M. by aqueous solutions of NaOH; temperature $100 \pm 5^\circ\text{C}$, $S:L = 1:5$

Время, мин Time, Min	2,0 М NaOH	4,0 М NaOH	7,0 М NaOH	10,0 М NaOH
Степень извлечения алюминия, P_{Al} , % масс. Degree of aluminium extraction, p_{Al} , % of the masses.				
0	0	0	0	0
15	4,7	4,72	7,9	10,5
45	6,6	6,29	8,9	13,1
75	6,8	6,82	10,9	13,6
105	7,0	7,86	10,6	14,7
135	8,0	9,44	12,1	15,2
165	8,4	11,5	12,1	16,8
195	8,9	14,2	11,4	16,8
225	9,4	15,7	11,0	16,8
255		16,3		16,9
285		16,8		16,8
315		16,8		17,0
435		16,8		17,3
465		16,7		16,5
495		16,8		15,7

Сравнение данных по извлечению алюминия в 4 М и 10 М растворы NaOH позволяют сделать вывод о максимальной степени его извлечения из КШ 16–17% за одну стадию выщелачивания при рассмотренных условиях. Для повышения извлечения алюминия из КШ в щелочные растворы была проведена вторая ступень выщелачивания 4 М водным раствором

NaOH при тех же условиях (таблица 2). Максимальное извлечение алюминия в раствор на второй ступени составило ~ 4,5% за 165 мин. Однако при дальнейшем выщелачивании содержание алюминия в растворе снижалось за счет образования вторичных осадков и составило ~ 1% через 400 мин.

Таблица 2.

Зависимость P_{Al} от времени при выщелачивании из КШ 4 М водным раствором NaOH, вторая ступень; температура $100 \pm 5^\circ\text{C}$, $T : Ж = 1:5$

Table 2.

The dependence of the P_{Al} vs time under leaching from the R.M. by 4 М aqueous solution of NaOH, the second stage; temperature $100 \pm 5^\circ\text{C}$, $S:L = 1:5$

Время, мин Time, Min	45	75	105	135	165	195	225	285	345	405
P_{Al} , % мас.	2,62	2,88	3,41	3,67	4,46	4,46	3,41	2,36	1,99	1,09

Таким образом, за две ступени выщелачивания алюминия из КШ 4 М водным раствором NaOH удастся извлечь ~ 22% Al от его исходного содержания. В то же время при проведении довыщелачивания алюминия на второй ступени более интенсивно протекают процессы вторичного осадкообразования, что приводит к его выводу из раствора в твердую фазу.

Образование вторичных осадков в рассмотренных системах может быть связано

с одновременным выщелачиванием кремния в растворы NaOH с последующим его взаимодействием с соединениями алюминия и образованием нерастворимых алюмосиликатов, например, состава $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Действительно, анализ растворов выщелачивания на кремний (таблица 3) показал его извлечение на уровне 0,03–0,05% от исходного содержания в КШ на первой ступени, и на уровне 0,05–0,07% – на второй ступени.

Таблица 3.

Зависимость P_{Si} от времени при выщелачивании из КШ 4 М водным раствором NaOH, температура $100 \pm 5^\circ\text{C}$, Т : Ж = 1:5

Table 3.

Dependence P vs time under leaching from the R.M. by 4 M aqueous solution of NaOH, temperature $100 \pm 5^\circ\text{C}$, S:L = 1:5

t, мин	15	45	105	165	255	315	345	375	405
Первая ступень First Stage									
P_{Si} , % мас.	0,047	0,034	0,023	0,045	0,043	0,035	0,037	0,034	0,039
Вторая ступень Second Stage									
P_{Si} , % мас.	0,051	0,056	0,068	0,056	0,043	0,048	0,042	0,039	0,040

Более высокое содержание кремния на второй ступени от 0,41 до 0,59 г/л по Si подтверждает предположение об усилении вторичного осадкообразования в этом случае, что отражается в появлении характерного максимума на зависимости P_{Al} от времени для второй ступени.

Невысокое, не более 22%, извлечение алюминия в щелочные растворы при описанных выше условиях обусловлено нахождением последнего в формах нерастворимых или трудно-растворимых алюмосиликатов железа, кальция, титана и других элементов в виде таких минералов, как кальцийсодержащий алюможелезистый или алюмосиликатный гранаты [1].

Для их разложения и выделения из них алюминия в виде водорастворимых форм, например, алюмината натрия или других соединений, необходимы более жесткие условия выщелачивания. Возможно использование таких методов, как предварительное спекание с твердой щелочью или карбонатами щелочных металлов, в процессе которого алюминий может переходить в более растворимые формы.

В этой связи были проведены исследования по выщелачиванию алюминия из спеков КШ с твердым NaOH, полученных при различных температурах спекания (таблица 4).

Таблица 4.

Зависимость P_{Al} от времени при выщелачивании из спеков КШ с NaOH 4 М водным раствором NaOH; время спекания 1 ч, весовое отношение при спекании КШ : NaOH = 4 : 1, температура выщелачивания $100 \pm 5^\circ\text{C}$, Т : Ж = 1:10

Table 4.

The dependence of the P_{Al} vs the time under leaching from the cakes of R.M. with NaOH by 4 M aqueous solution of NaOH; sintering time 1 hour, the weight ratio of the sintering R.M.: NaOH = 4: 1, the leaching temperature $100 \pm 5^\circ\text{C}$, S:L = 1:10

Т спек., $^\circ\text{C}$	350	400	450	500	550
t, мин	Степень извлечения алюминия, P_{Al} , % масс.				
	Degree of aluminium extraction, P_{Al} , % of the masses.				
0	0	0	0	0	0
10	8,39	16,8	22,5	20,4	23,6
30	12,06	18,9	24,6	23,6	24,6
60	11,01	18,9	25,2	24,1	14,7
120	12,58	20,4	24,1	24,1	8,4

Анализ данных таблицы 4 показал, что предварительное спекание КШ с NaOH повышает выход алюминия в раствор выщелачивания по сравнению с описанным выше процессом

с растворами гидроксида натрия. Степень извлечения алюминия за одну ступень выщелачивания 4 М раствором NaOH при Т : Ж = 1:10 и температуре 100°C достигает 20–24% уже

за 10–30 мин. Однако и в этом случае до 75% всего содержащегося в КШ алюминия остается в твердой фазе. При выщелачивании алюминия из спеков КШ с NaOH зависимость P_{Al} от времени в ряде случаев проходит через максимум, что обусловлено протеканием процессов вторичного осадкообразования (таблица 4).

При выщелачивании тех же спеков водой (таблица 5) выход алюминия в конечный раствор несколько ниже, чем при выщелачивании щелочью, и больше соответствует выщелачиванию 4 М раствором NaOH без предварительного спекания. Максимальная степень извлечения достигает ~ 17% за одну ступень.

Таблица 5.

Зависимость P_{Al} от времени при выщелачивании из спеков КШ с NaOH водой; время спекания 1 ч, весовое отношение при спекании КШ : NaOH = 4 : 1, температура выщелачивания 100 ± 5 °C, T : Ж = 1:10

Table 5.

The dependence of the P_{Al} vs the time under leaching from the cake of R.M. with NaOH by water; sintering time 1 hour, the weight ratio of the sintering R.M.: NaOH = 4: 1, the leaching temperature 100 ± 5 °C, T: W = 1: 10

T спек., °C	350	400	450	500	550
t, мин	Степень извлечения алюминия, P_{Al} , % мас. Degree of aluminium extraction, P_{Al} , % of the masses.				
0	0	0	0	0	0
10	7,86	6,82	13,63	16,78	14,16
30	8,39	11,01	13,63	17,30	16,78
60	6,82	11,54	13,11	11,54	14,16
120	9,44	7,86	16,78	15,21	13,11

Эти данные подтверждают необходимость использования щелочи в том или ином варианте для повышения извлечения остаточного алюминия из КШ. Необходимо отметить, что сам КШ содержит до 5% остаточной щелочи, преимущественно в форме NaOH, которая также участвует в образовании щелочного раствора на стадии выщелачивания. С практической точки зрения необходима оптимизация расхода щелочи с учетом ее остаточного содержания в КШ для максимального извлечения алюминия.

Полученные данные позволяют сделать заключение о том, что только около 25% остаточного алюминия, содержащегося в КШ, находится в формах, растворимых в щелочных растворах, и может быть доизвлечено в безавтоклавных условиях выщелачивания при температурах, близких к температуре кипения исходного раствора.

При создании условий, способствующих более высокому извлечению в растворы кремния из КШ, часть алюминия образует с кремнием нерастворимые вторичные осадки, которые выводят алюминий из раствора и снижают степень его извлечения из КШ.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Трушко В.Л., Утков В.А., Бажин В.Ю. Актуальность и возможности полной переработки красных шламов глиноземного производства // Записки Горного института. 2017. Т. 227. С. 547–553. doi: 10.25515/PMI.2017.5.547
- 2 Шморгуненко Н.С. Корнеев В.И. Комплексная переработка и использование отвальных шламов глиноземного производства. М.: Металлургия, 1982. 129 с.

Заключение

Рассмотренные закономерности поведения алюминия при выщелачивании его из КШ щелочными растворами позволяют предложить этот процесс (после оптимизации расхода гидроксида натрия) для доизвлечения ~ 25% алюминия с одновременной утилизацией остаточной в КШ щелочи перед последующей стадией карбонатного выщелачивания скандия. При таком подходе к комплексной переработке КШ первой стадией будет являться щелочное извлечение части алюминия из КШ, второй – карбонатное извлечение скандия, а затем пирометаллургическое восстановительное выделение железа с одновременным получением шлака, содержащего все неизвлеченные элементы, в том числе остаточный алюминий, скандий, сумму редкоземельных элементов, титан, цирконий. Значительное снижение объемов такого шлака по сравнению с исходным объемом КШ и соответствующее концентрирование в нем всех ценных компонентов открывает более широкие возможности для их дальнейшего выделения кислотными методами с получением целого ряда ликвидных продуктов на основе алюминия и содержащихся в КШ редких элементов.

3 Сабирзянов Н.А., Яценко С.П. Гидрохимические способы комплексной переработки боксита. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 385 с.

4 Яценко С.П., Сабирзянов Н.А., Пасечник Л.А. Переработка бокситового шлака с получением глиноземистого и редкометалльного концентратов, скандиевой соли и лигатуры // Химическая технология. 2004. № 12. С. 28–34.

5 Кожевников Г.Н., Водопьянов А.Г., Паньков В.А., Кузьмин Б.П. Совместная комплексная переработка бокситов и красных шламов // Цветные металлы. 2013. № 12. С. 36–39.

6 Степанов С.И., Маунг Маунг Аунг, Бояринцев А.В., Гозиян А.В. и др. О комплексной переработке красных шламов // Актуальные вопросы получения и применения РЗМ и РМ-2017: Сборник материалов международной научно-практической конференции 21–22 июня 2017 г. М.: ОАО «Институт «ГИНЦВЕТМЕТ», 2017. С. 278–281.

7 Вайлерт А.В., Пягай И.Н., Кожевников В.Л., Пасечник Л.А. и др. Автоклавно-гидрометаллургическая переработка красного шлама глиноземного производства // Цветные металлы. 2014. № 3. С. 27–31.

8 Тихонов В.Н. Аналитическая химия алюминия. М.: Наука, 1971. 266 с.

REFERENCES

1 Trushko V.L., Utkov V.A., Bazhin V.Y. Topicality and Possibilities for Complete Processing of Red Mud of Aluminous Production. *Zapiski Gornogo instituta* [Notes of the Mining Institute]. 2017. vol. 227. pp. 547–553. doi: 10.25515/PMI.2017.5.547 (in Russian)

2 Shmorgunenko N.S., Korneev V.I. Kompleksnaya pererabotka i ispol'zovanie otval'nyh shlamov glinozemnogo proizvodstva [Complex processing and use of waste sludge of alumina production]. Moscow, Metallurgy, 1982. 129 p. (in Russian)

3 Sabirzyanov N.A., Yatsenko S.P. Zhidrokhimicheskie sposoby kompleksnoi pererabotki boksita [Hydrochemical

methods for bauxite complex processing]. Yekaterinburg, Ural. Otd. Ross. Akad. Nauk, 2006. 385 p. (in Russian)

4 Yatsenko S.P., Sabirzyanov N.A., Pasechnik L.A. Bauxite slime processing with producing of argil and rare earth concentrates scandium salt and alloy. *Himicheskaya tekhnologiya* [Chemical technology]. 2004. no. 12. pp. 28–34. (in Russian)

5 Kozhevnikov G.N., Vodopyanov A.G., Pankov V.A., Kuzmin B.P. Joint complex processing of bauxites and red muds. *Cvetnye metally* [Non-ferrous metals]. 2013. no. 12. pp. 36–39. (in Russian)

6 Stepanov S.I., Maung Maung Aung, Boyarintsev A.V., Gosen A.V. et al. Complex processing of red mud. Aktual'nye voprosy polucheniya i primeneniya RZM i RM 2017 [Topical issues of obtaining and applying RZM and RM 2017. Collection of materials of the international scientific-practical conference June 21–22, 2017]. Moscow, JSC «Institute «GINTSVETMET», 2017. pp. 278–281. (in Russian)

7 Vaylert A.V., Pyagay I.N., Kozhevnikov V.L., Pasechnik L.A. et al. Autoclave hydrometallurgical processing of alumina production red mud. *Cvetnye metally* [Non-ferrous metals]. 2014. no. 3. pp. 27–31. (in Russian)

8 Tikhonov V.N. Analiticheskaya himiya alyuminiya [Analytical chemistry of aluminum]. Moscow, Nauka, 1971. 266 p. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Aleksandr V. Boyarintsev associate professor, technologies of rare elements and nanomaterials based on them department, Russian University of chemical technology named after D.I. Mendeleev, Miusskaya sq., 9, Moscow, 125047, Russia, boyarin_sanya@mail.ru

Maung Maung Aung graduate student, technologies of rare elements and nanomaterials based on them department, Russian University of chemical technology named after D.I. Mendeleev, Miusskaya sq., 9, Moscow, 125047, Russia, polluxaung@gmail.com

Khtet Je Aung graduate student, technologies of rare elements and nanomaterials based on them department, Russian University of chemical technology named after D.I. Mendeleev, Miusskaya sq., 9, Moscow, 125047, Russia, htetyeaung61058@gmail.com

Sergej I. Stepanov professor, technologies of rare elements and nanomaterials based on them department, Russian University of chemical technology named after D.I. Mendeleev, Miusskaya sq., 9, Moscow, 125047, Russia, chao_step@mail.ru

CONTRIBUTION

Aleksandr V. Boyarintsev proposed a scheme of the experiment and organized production trials

Maung Maung Aung review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Khtet Je Aung wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Sergej I. Stepanov consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.22.2018

ACCEPTED 6.20.2018

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 22.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.06.2018

Модификация бутадиен-нитрильного каучука на стадии его выделения

Валерий А. Седых¹ cdxva@mail.ru
 Ольга В. Карманова¹ karolga@mail.ru
 Екатерина В. Королева¹ katrakoroleva@gmail.com

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Актуален поиск добавок, повышающих износостойкость резины. Известно, что введение в каучук полых корундовых микросфер (НСМ) снижает износ резиновых изделий. Однородное распределение малого количества микросфер в каучуке традиционным «сухим» смешением в резиносмесителе или на вальцах затруднено. Осуществлялось введение микросфер в каучук на стадии его выделения из латекса. Работа заключалась в отборе загустителей, способных удерживать НСМ в каучуковом латексе СКН-18СНТ на стадии его коагуляции, и оценке физико-механических показателей резины в присутствии НСМ. Определили удерживающую способность загустителей полиакриламида (ПАА), карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) и поливинилового спирта (ПВС). Коагулировали загущенный латекс в присутствии микросфер полимерным коагулянтом и серной кислотой. При наполнении полимера микросферами предпочтительно использовать загуститель ПАА. Выход микросфер в каучук при использовании загустителей ПАА, КМЦ и ПВС составил 71,1, 66,5 и 38,7% соответственно. Определены физико-механические показатели резины на основе СКН-18СНТ в присутствии микросфер, введенных как «сухим» способом в каучук, так и на стадии его выделения из латекса. Присутствие микросфер в количестве 4,4-4,7% мас. на каучук, не влияло на твердость и эластичность по отскоку резины. Подтверждено, что присутствие микросфер, в особенности введенных на стадии выделения каучука из латекса, обеспечивает увеличение сопротивления истиранию. В свою очередь, присутствие микросфер в каучуке со следами полиакриламида обеспечило увеличение сопротивления резины раздиру, модуля при 100 и 200% удлинении при уменьшении относительного удлинения при разрыве.

Ключевые слова: микросферы, латекс, загуститель, полиакриламид, коагуляция, износостойкость

Modification of nitrile butadiene rubber at the stage of its allocation

Valeriy A. Sedykh¹ cdxva@mail.ru
 Olga V. Karmanova¹ karolga@mail.ru
 Ekaterina V. Koroleva¹ katrakoroleva@gmail.com

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. Search for additives that increase the wear resistance of rubbers is relevant. It is known that the introduction of hollow corundum microspheres (NCM) into rubber reduces the wear of rubber products. The uniform distribution of small amounts of microspheres in rubber by traditional "dry" mixing in a rubber mixer or on rollers is difficult. Microspheres were introduced into rubber at the stage of its separation from latex. The work consisted in the selection of thickeners capable of holding the NSM in rubber latex SKN-18SNT at the stage of its coagulation, and evaluation of physical and mechanical properties of rubbers in the presence of NCM. The retention capacity of thickeners of polyacrylamide (PAA), carboxymethylcellulose (CMC) and polyvinyl alcohol (PVA) was determined. Thickened latex was coagulated in the presence of microspheres with polymeric coagulant and sulfuric acid. When filling the polymer with microspheres, it is preferable to use a PAA thickener. The yield of microspheres in rubber using thickeners PAA, CMC and PVA was 71.1, 66.5 and 38.7%, respectively. The physico-mechanical characteristics of rubbers based on SKN-18SNT in the presence of microspheres introduced both as a "dry" method in rubber and at the stage of its isolation from latex are determined. The presence of microspheres in an amount of 4.4-4.7% by weight. on rubber, did not affect the hardness and elasticity of rebound rubbers. It has been confirmed that the presence of microspheres, especially those introduced from the latex rubber release stage, provides an increase in abrasion resistance. In turn, the presence of microspheres in rubber with traces of polyacrylamide provided an increase in the resistance of rubbers to tearing, the modulus at 100 and 200% elongation with a decrease in the elongation at break.

Keywords: microspheres, latex, thickener, polyacrylamide, coagulation, wear resistance

Введение

Бутадиен-нитрильные каучуки по совокупности своих свойств являются незаменимым материалом для производства маслобензостойкой резины специального назначения. Придание резинам повышенной износостойкости введением полых корундовых микросфер сохраняет свою актуальность [1–6].

Цель работы – отработка элементов технологии наполнения каучука СКН-18СНТ полыми корундовыми микросферами на стадии

его выделения из латекса и изучение свойств резины на основе бутадиен-нитрильного каучука в присутствии микросфер.

Материалы и методы

В работе использовался бутадиен-нитрильный каучук СКН-18 СНТ по ТУ: 22 9441-057-05766793.05 (содержание НАК 18 %) в виде каучукового латекса с сухим остатком 19,9 % мас.

Латекс каучука СКН-18СНТ синтезирован в присутствии эмульгатора сульфонола НП-3.

Для цитирования

Седых В.А., Карманова О.В., Королева Е.В. Модификация бутадиен-нитрильного каучука на стадии его выделения // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 323–329. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-323-329

For citation

Sedykh V.A., Karmanova O.V., Koroleva E.V. Modification of nitrile butadiene rubber at the stage of its allocation. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 323–329. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-323-329

Полюе корундовые микросферы Hollow Corundum Microspheres (HCM-S) по ТУ 3988–002–30693519 –2015 произведены ООО «Кит-Строй СПб», состояли из тета- и альфаоксида алюминия (Al_2O_3) и имели химическую чистоту 99,6 % [7].

Ранее обнаружено, что корундовые сферы в количестве 5 % масс. повышают износостойкость резиновых изделий [7].

Однородное распределение малого количества микросфер в каучуке традиционным «сухим» смешением в резиносмесителе или на вальцах затруднено. Введение микросфер в каучук на стадии его выделения из латекса облегчает распределение микросфер.

Первоначально проводился отбор загустителей, способных удерживать полые корундовые микросферы (HCM) в латексе СКС-18СНТ на стадии коагуляции.

Испытывали загустители: полиакриламид (ПАА), карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ), поливиниловый спирт (ПВС).

Загуститель – водный раствор ПАА с концентрацией 9,8% мас. гомогенизировали

до получения однородной массы. Затем в него порциями добавляли латекс. В полученную однородную массу загущенного латекса при перемешивании вносили коагулянт – нитрофлок (полидиметилдиалилхлорид аммония, сухой остаток 3,36% мас.) и затем подкисляли серной кислотой концентрацией 2% мас.

Установлено, что при повышении дозировки загустителя с 0,013 до 0,025 г/г полимера возрастала вязкость латекса. Образовавшиеся зерна коагулюма имели больший размер, а серум становился непрозрачным. При дозировке загустителя 0,050–0,075 г/г полимера вязкость латекса увеличилась значительно, а коагулюм сохранил зернистость (таблица 1).

Оптимальные дозировки загустителей КМЦ и ПВС (10% мас.) определены в проведенном ранее исследовании [8].

Порядок приготовления образцов полимера в присутствии HCM с различными загустителями сводился к следующему.

Вводили микросферы на полимер латекса из расчета 5% на каучук.

Таблица 1.

Влияние дозировки загустителя ПАА на вязкость латекса и характер коагуляции

Table 1.

Influence of the dosage of the thickener PAA on the viscosity of the latex and the nature of the coagulation

Дозировка загустителя в латексе Dosage thickener in latex		Изменение вязкости загущенного латекса Change in viscosity of thickened latex	Тип коагулюма Type of coagulum
раствора на полимер г/г, solution per polymer g/g	удельная, г/г полимера specific, g/g polyme		
0,5	0,013	не менялась did not change	зернистый grainy
1	0,025	увеличилась незначительно increased slightly	зернистый grainy
2	0,050	возрастала increased	зернистый grainy
3	0,075	увеличилась значительно increased significantly	зернистый grainy

Распределяли микросферы в загустителях до однородной массы. Добавляли порциями латекс, распределяя его в загустителе по всему объему. В полученную загущенную смесь сначала вводили коагулянт – нитрофлок и затем раствор серной кислоты.

Образцы коагулюма промывали водой, сушили при температуре 40 °С в течение 2 сут.

Навески каучука сжигали в муфельной печи для определения содержания микросфер.

Установлено, что выход микросфер в каучуке при использовании загустителей ПАА, КМЦ и ПВС составил 71,1, 66,5 и 38,7% масс., соответственно. Лучше всего удерживали микросферы загустители ПАА и КМЦ.

В дальнейшем с учетом потери 1/3 микросфер на стадии выделения каучука из латекса вводили не 5, а 7% мас. микросфер на полимер в сочетании с навеской Агидола 1 из расчета 0,7% масс. на полимер латекса.

Рецептуры приготовления резиновой смеси приведены в таблице 2.

Стандартный образец без микросфер готовили в соответствии с ГОСТ Р 54556–2011 «Каучуки бутадиен-нитрильные (NBR)».

Контрольный образец резиновой смеси при «сухом» введении микросфер в каучук готовили следующим образом. Каучук пластицировали на лабораторных вальцах в течение 2 мин. Во время пластикации вводили микросферы. Затем каучук переносили в закрытый микросмеситель. Перемешивали с остальными ингредиентами в течение: оксид цинка – 3 мин, стеариновая кислота – 2 мин, каптакс – 2 мин, технический углерод – 9 мин.

Режим работы микросмесителя: температура начальная 110, конечная – 126 °С (саморазогрев), скорость вращения ротора 50 об/мин, масса груза – 600 г. Серу вводили в маточную смесь на холодных вальцах 2 мин.

Таблица 2.

Рецептуры приготовления резиновых смесей (% мас.) в присутствии микросфер

Table 2.

Recipes for the preparation of rubber compounds (% by weight) in the presence of microspheres

Наименование ингредиентов Ingredients name	Наименование резиновой смеси и способа введения микросфер: The name of the rubber compound and the method of introducing microspheres:			
	Стандартная без микросфер Standard without microspheres	Контрольная с микросферами, «сухое» смешение Control with microspheres, "Dry" mixing	На стадии выделения at the stage of allocation	
			С КМЦ и микросферами with CMC and microspheres	С ПАА и микросферами with PAA and microspheres
Каучук СКН-18СНТ Rubber SKN-18 SNT	61,6	61,6	42,04	61,6
Микросферы (% масс. на каучук) Microspheres (% mass to rubber)	-	3,1	1,94	3,1
Технический углерод П 234 Technical Carbon P 234	32,3	32,3	21,99	32,3
Оксид цинка Zinc Oxide	3,23	3,23	2,19	3,23
Стеариновая кислота Stearic acid	0,97	0,97	0,66	0,97
Каптакс Captax	0,97	0,97	0,66	0,97
Сера Sulfur	1,3	1,3	0,88	1,3

Каучук с микросферами, введенными на стадии выделения латекса, пластицировали на вальцах в течение 2 мин. Затем каучук загружали в микросмеситель и добавляли остальные компоненты: оксид цинка – 3 мин, стеариновая кислота – 2 мин, каптакс – 3 мин, технический углерод – 3 мин. Режим работы микросмесителя: температура начальная 110, конечная (саморазогрев) – 126 °С скорость вращения ротора 50 об/мин, масса груза – 600 г. Серу вводили на холодных вальцах 2 мин.

Все образцы вулканизовали в соответствии с ГОСТ Р 54556-2011 при температуре 150 °С в течение 40 мин.

Результаты и обсуждение

Установлено, что присутствие микросфер в количестве 4,5–4,8% мас. практически не влияло на твердость и эластичность по отскоку для резины без микросфер и с микросферами при «сухом» смешении (таблица 3, 4).

Введение микросфер с ПАА на стадии выделения увеличило модуль резины при 100 и 200% удлинении при сохранении прочности при разрыве на уровне образца без микросфер.

Таблица 3.

Влияние способа введения HCM в каучук на твердость резин

Table 3.

Influence of the method of introducing HSM into rubber on the hardness of rubbers

Наименование резиновой смеси и способа введения микросфер The name of the rubber compound and the method of introducing microspheres	Твердость по Шору А, у. ед.: Shore A hardness, y. unit:		
	Средн. Average	Макс. Max.	Мин. Min
Стандартная без микросфер Standard without microspheres	71	72	69
Контрольная с микросферами, «сухое» смешение Control with microspheres, "dry" mixing	70	71	69
С микросферами и ПАА, на стадии выделения With microspheres and PAA, in the isolation stage	72	73	71
С микросферами и КМЦ, на стадии выделения With microspheres and CMC, in the isolation stage	67	70	62

Влияние способа введения HCM в каучук на эластичность резин

Table 4.

Influence of the method of introducing HCM into rubber on the elasticity of rubbers

Наименование резиновой смеси и способа введения микросфер The name of the rubber compound and the method of introducing microspheres	Эластичность по отскоку, % Elasticity in rebound			
	Средн. Average	Макс. Max.	Мин. Min	
Стандартная без микросфер Standard without microspheres	32	33	32	
Контрольная с микросферами, «сухое» смешение With microspheres, "dry" mixing	32	32	32	
С микросферами и ПАА, на стадии выделения With microspheres and PAA, in the isolation stage	32	34	32	
С микросферами и КМЦ, на стадии выделения With microspheres and CMC, in the isolation stage	36	38	36	

При этом снизилось относительное удлинение при разрыве по причине присутствия следов ПАА в каучуке (таблица 5, 6).

Введение микросфер на стадии выделения в присутствии КМЦ снизило модуль резины при 100, 200, 300% удлинении и прочность при разрыве при сохранении относительного и остаточного удлинения при разрыве.

Установлено, что введение микросфер на стадии выделения в присутствии ПАА обеспечило полтора – двукратное увеличение сопротивления резины раздиру (таблица 7).

Показано существенное повышение сопротивления износу резины, содержащей микросферы, введенные на стадии выделения полимера из латекса с ПАА (таблица 8).

Резина, содержащая микросферы, характеризовалась наименьшей степенью набухания в толуоле (таблица 9) и наибольшим уровнем концентрации поперечных связей $1/\alpha$ (в особенности со следами ПАА). Это объяснило рост модуля и прочности при разрыве резин с HCM.

Следы загустителя КМЦ в каучуке резин повысили степень их набухания в воде (таблица 10).

Таблица 5.

Влияние способа введения HCM в каучук на упруго-прочностные показатели резины

Table 5.

Influence of the method of introduction of HCM in rubber on elastic-strength parameters of rubber

Наименование резиновой смеси и способа введения микросфер The name of the rubber compound and the method of introducing microspheres	Модуль, МПа Module, MPa			Прочность, МПа Strength, MPa
	M ₁₀₀	M ₂₀₀	M ₃₀₀	
Стандартная без микросфер Standard without microspheres	12,9	21,2	28,0	30,0
Макс. Max.	16,7	25,9	31,1	36,3
Мин. Min.	8,0	15,0	23,3	24,1
Контрольная с микросферами, «сухое» смешение With microspheres, "dry" mixing	10,2	21,6	26,7	26,7
Макс. Max.	16,5	26,9	31,9	31,9
Мин. Min.	6,3	15,7	21,5	21,7
С микросферами и КМЦ, на стадии выделения With microspheres and CMC, in the isolation stage	7,2	14,9	21,6	22,3
Макс. Max.	7,8	17,2	23,6	24,8
Мин. Min.	5,8	11,6	18,3	21,2
С микросферами и ПАА, на стадии выделения With microspheres and PAA, in the isolation stage	1,8	22,3	–	30,1
Макс. Max.	26,5	35,2	–	36,1
Мин. Min.	13,1	23,3	–	25,0

Таблица 6.

Влияние способа введения HCM в каучук на деформационные свойства резины

Table 6.

Influence of the method of introducing HCM into rubber on the deformation properties of rubber

Наименование резиновой смеси и способа введения микросфер The name of the rubber compound and the method of introducing microspheres	Относительное Relative	
	Удлинение при разрыве, % Elongation at break, %	Остаточное удлинение после разрыва, % Residual elongation after rupture, %
Стандартная без микросфер Standard without microspheres	253	1
Контрольная с микросферами, «сухое» смешение With microspheres, "dry" mixing	250	1
С микросферами и КМЦ, на стадии выделения With microspheres and CMC, in the isolation stage	262	1
С микросферами и ПАА, на стадии выделения With microspheres and PAA, in the isolation stage	192	2

Таблица 7.

Влияние способа введения HCM в каучук на сопротивление резины раздиру

Table 7.

Influence of the way of introduction of HCM in rubber on resistance of rubber to tearing

Наименование резиновой смеси и способа введения микросфер The name of the rubber compound and the method of introducing microspheres	Сопротивление раздиру, кН/м Resistance tearing, kN / m		
	Средн. Average	Макс. Max	Мин. Min
Стандартная без микросфер Standard without microspheres	29	37	23
Контрольная с микросферами, «сухое» смешение With microspheres, "dry" mixing	35	46	25
С микросферами и КМЦ, на стадии выделения With microspheres and CMC, in the isolation stage	30	38	20
С микросферами и ПАА, на стадии выделения With microspheres and PAA, in the isolation stage	49	66	33

Таблица 8.

Влияние способа введения HCM в каучук на сопротивление резины износу

Table 8.

Influence of the way of introduction of HCM in rubber on rubber resistance to wear

Наименование резиновой смеси и способа введения микросфер The name of the rubber compound and the method of introducing microspheres	Истираемость, см ³ /кВт Tearability, cm ³ / kW
Стандартная без микросфер Standard without microspheres	175
Контрольная с микросферами, «сухое» смешение With microspheres, "dry" mixing	113
С микросферами и КМЦ, на стадии выделения With microspheres and CMC, in the isolation stage	171
С микросферами и ПАА, на стадии выделения With microspheres and PAA, in the isolation stage	100

Таблица 9.

Влияние способа введения HCM в каучук на степень набухания и сшивки образцов резины

Table 9.

Influence of the method of introducing HCM into rubber on the degree of swelling and cross-linking of rubber samples

Наименование резиновой смеси и способа введения микросфер The name of the rubber compound and the method of introducing microspheres	Степень Degree	
	набухания в толуоле, % swelling in toluene, %	сшивки вулканизата (1/α) crosslinking of vulcanizate (1/α)
Стандартная без микросфер Standard without microspheres	137	0,007
Контрольная с микросферами, «сухое» смешение With microspheres, "dry" mixing	114	0,009
С микросферами и КМЦ, на стадии выделения With microspheres and CMC, in the isolation stage	122	0,008
С микросферами и ПАА, на стадии выделения With microspheres and PAA, in the isolation stage	105	0,010

Таблица 10.

Влияние способа введения HCM в каучук на набухание резины в воде

Table 10.

Influence of the method of introducing HSM into rubber on the swelling of rubbers in water

Наименование резиновой смеси и способа введения микросфер The name of the rubber compound and the method of introducing microspheres	Степень набухания резины в воде, % Degree of swelling of rubbers in water, %
Стандартная без микросфер Standard without microspheres	6,3
Контрольная с микросферами, «сухое» смешение With microspheres, "dry" mixing	3,9
С микросферами и КМЦ, на стадии выделения With microspheres and CMC, in the isolation stage	10,2
С микросферами и ПАА, на стадии выделения With microspheres and PAA, in the isolation stage	6,7

Заключение

С целью удержания тяжелых микросфер в латексе в процессе коагуляции осуществлено загущение латекса полимерными водорастворимыми коллоидами. Установлено, что наибольшая степень удержания микросфер в загущенном латексе обеспечивал полиакриламид и карбоксиметилцеллюлоза.

Отработан технологический режим коагуляции загущенного латекса СКН-18СНТ полимерным коагулянтом и серной кислотой. Достигнута степень удержания микросфер в каучуке до 71,1%.

ЛИТЕРАТУРА

1 Прокопчук Н.Р., Шашок Ж.С., Касперович А.В., Ташлыкков И.С. Модификация свойств эластомерных композиций: монография. Минск: БГТУ, 2012. 217 с.

2 Журавлева С.Н. Исследования износостойкости манжетных уплотнений, применяемых в приводах технологического оборудования // Новые материалы и технологии в машиностроении. 2013. № 17. С. 33–38.

3 Журавлева С.Н. Повышение износостойкости манжетных уплотнений для вращающихся валов // Новые материалы и технологии в машиностроении. 2014. № 19. С. 53–58.

4 Салаева М.А., Кашина Е.М., Носкова Л.А. Полые корундовые микрошеры в производстве резиновых смесей. // Резиновая промышленность: сырье, материалы, технологии: доклады XXII научно-практической конференции. 2017. С. 87–89.

5 Ушмарин Н.Ф., Краснова Е.В., Егоров Е.Н., Кольцов Н.И. и др. Влияние полых корундовых микросфер на свойства резины на основе карбоцепных каучуков. // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2018. № 2. С. 23–26.

6 Целых Е.П., Ходакова С.Я., Суриков В.И. Свойства резины, модифицированной полыми корундовыми микрошерами оксида алюминия // Актуальные проблемы современной науки: материалы VI Региональной научно-практической конференции с международным участием. Омск: ОмГТУ, 2017. С. 59–63.

7 Чумадова Л.И., Скориков М.Ю., Степанян Т.Г., Морозов М.В. и др. Теплотехнические характеристики жидкого керамического теплоизоляционного материала на основе алюмосиликатных и натриево-боросиликатных микросфер // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 1. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/01/62263>

8 Королева Е.В., Полякова Е.А. Изучение процесса коагуляции латекса в присутствии загустителей на синтетической основе // Материалы студенческой научной конференции за 2016 год. Воронеж: ВГУИТ, 2017. С. 113

9 Седых В.А., Карманова О.В., Королева Е.В. Выбор агента межфазного сочетания при наполнении БНК // Технология органических веществ: тезисы докладов 81-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов с международным участием,

Определены физико-механические показатели резины на основе СКН-18СНТ в присутствии микросфер, введенных как «сухим» способом в каучук, так и на стадии его выделения из латекса.

Подтверждено, что присутствие микросфер, в особенности введенных на стадии выделения каучука из латекса, обеспечивает увеличение сопротивления истиранию.

В свою очередь, присутствие микросфер в каучуке со следами полиакриламида обеспечило увеличение сопротивления резины раздиру, модуля при 100 и 200% удлинении при уменьшении относительного удлинения при разрыве.

Минск, 1–12 февраля 2017 г. БГТУ, 2017. С. 113–114.

10 Самороков В.Э., Зелинская Е.В. Использование микросфер в композиционных материалах // Вестник ИргТУ. 2012. № 9 (68), С. 201–205

11 Qian X. et al. Synthesis of hollow polysaccharide microspheres with hierarchically porous structure in alkali/urea mixture through freeze-drying // Materials Letters. 2018.

12 Roosen J. et al. Shaping of alginate-silica hybrid materials into microspheres through vibrating-nozzle technology and their use for the recovery of neodymium from aqueous solutions // Industrial & Engineering Chemistry Research. 2015. V. 54. №. 51. P. 12836-12846.

REFERENCES

1 Prokopchuk N.R., Checkers Zh.S., Kasperovich A.V., Tashlykov I.S. Modifikaciya svojstv ehlastomernyh kompozicij [Modification of properties of elastomeric compositions]. Minsk, BSTU, 2012. 217 p. (in Russian)

2 Zhuravleva S.N. Research of wear resistance of lip seals used in drives of technological equipment. *Novye materialy i tekhnologii v mashinostroenii* [New materials and technologies in mechanical engineering]. 2013. no. 17. pp. 33–38. (in Russian)

3 Zhuravleva S.N. Increasing wear resistance of lip seals for rotating shafts. *Novye materialy i tekhnologii v mashinostroenii* [New materials and technologies in mechanical engineering]. 2014. no. 19, pp. 53–58. (in Russian)

4 Salaev M.A., Kashina E.M., Noskova L.A. Hollow corundum microspheres in the production of rubber mixtures. *Rezinovaya promyshlennost': syr'e, materialy, tekhnologii* [Rubber industry: raw materials, technologies: reports of the XXII scientific-practical conference]. 2017. pp. 87–89 (in Russian)

5 Ashmarin N.F., Krasnova E.V., Egorov E.N., Koltsov N. et al. The Influence of hollow corundum microspheres on the properties of rubbers based on carbon-chain rubbers. *Vse materialy. Ehnciklopedicheskij spravochnik* [All material. Encyclopedic reference book]. 2018. no. 2. pp. 23–26. (in Russian)

6 Whole P.E., Khodakova S.Ya., Surikov V.I. Properties of rubber-modified hollow corundum microspheres of aluminum oxide. *Aktual'nye problemy sovremennoj nauki* [Actual problems of modern science: materials of the VI Regional scientific-practical conference with international participation]. Omsk, 2017. pp. 59–63. (in Russian)

7 Chumakova L.I., Skorikov M. Yu., Stepanyan T.G., Morozov M.V. et al. Thermal characteristics of liquid ceramic heat-insulating material based on aluminosilicate, and sodium borosilicate microspheres. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii* [Modern scientific researches and innovations]. 2016. no. 1. Available at:

<http://web.snauka.ru/issues/2016/01/62263> (in Russian)

8 Koroleva E.V., Polyakova E.A. Study of the latex coagulation process in the presence of thickeners on a synthetic basis. *Materialy studencheskoj nauchnoj konferencii za 2016 god* [Proceedings of the student scientific conference for 2016]. Voronezh, UGUET, 2017. pp. 113. (in Russian)

9 Sedykh V.A., Karmanova O.V., Koroleva E.V. Choice of the agent of interfacial combination at filling of BNC. *Tekhnologiya organicheskikh veshchestv* [Technology of organic substances: theses of reports of the 81st scientific and technical conference of the faculty, researchers and graduate students (with international participation), Minsk, February 1–12, 2017], BSTU, 2017. pp. 113–114. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Валерий А. Седых к.т.н., доцент, кафедра химии и химической технологии органических соединений и переработки полимеров, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, cdxva@mail.ru

Ольга В. Карманова д.т.н., доцент, кафедра химии и химической технологии органических соединений и переработки полимеров, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, karolga@mail.ru

Екатерина В. Королева аспирант, кафедра химии и химической технологии органических соединений и переработки полимеров, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, katrakoroleva@gmail.com

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 14.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 11.08.2018

10 Samorokov V.E., Zelinskaya E.V. Use of microspheres in composite materials. *Vestnik IrGTU* [Bulletin of IrSTU]. 2012. no. 9 (68). pp. 201–205. (in Russian)

11 Qian X. et al. Synthesis of hollow polysaccharide microspheres with hierarchically porous structure in alkali/urea mixture through freeze-drying. *Materials Letters*. 2018.

12 Roosen J. et al. Shaping of alginate–silica hybrid materials into microspheres through vibrating-nozzle technology and their use for the recovery of neodymium from aqueous solutions. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2015. vol. 54. no. 51. pp. 12836–12846.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Valeriy A. Sedykh Cand. Sci. (Engin.), associate professor, chemistry and chemical technology of organic compounds and polymer processing department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, Russia, cdxva@mail.ru

Olga V. Karmanova Dr. Sci. (Engin.), professor, chemistry and chemical technology of organic compounds and polymer processing department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, Russia, karolga@mail.ru

Ekaterina V. Koroleva graduate student, chemistry and chemical technology of organic compounds and polymer processing department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, Russia, katrakoroleva@gmail.com

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.14.2018

ACCEPTED 11.8.2018

Эпоксидные композиты с повышенными эксплуатационными характеристиками, наполненные дисперсными минеральными наполнителями

Антон С. Мостовой¹ Mostovoy19@rambler.ru
Айнур С. Нуртазина¹ nurtazina_83@mail.ru
Юлия А. Кадыкова¹ kadykova06@yandex.ru

¹ Энгельсский технологический институт (филиал) «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Пл. Свободы, 17, г. Энгельс, 413100, Россия

Реферат. Целью данной работы является повышение физико-химических, деформационно-прочностных свойств и снижение горючести композитов на основе эпоксидной смолы путём введения модификатора полифункционального действия олиго(резорцинфенилфосфата) с концевыми фенильными группами и дисперсных минеральных наполнителей – диорита и хромита. В результате проведенных исследований установлено оптимальное содержание модификатора в составе эпоксидного композита – 40 масс.ч., обеспечивающее повышение эксплуатационных свойств композитов: в 2 раза возрастает изгибающее напряжение, на 28% повышается прочность при сжатии, в 2 раза возрастает ударная вязкость, при этом незначительно снижается модуль упругости и твердость композитов. Введение модификатора в эпоксидный полимер обеспечивает повышение термостойкости с 86 до 132–156 °С, а так же увеличение термостойкости композита, что проявляется в смещении начальной температуры основной стадии деструкции в область более высоких температур (с 200 до 230 °С), при этом, также отмечено повышение выхода карбонизованных структур с 40 до 54 %, обеспечивающее уменьшение выделения летучих продуктов пиролиза в газовую фазу, что приводит к снижению горючести эпоксидного композита и проявляется в снижении его потерь массы при поджигании на воздухе с 78 до 4,7% и возрастании кислородного индекса с 19 до 28% объемных, что переводит материал в класс трудновоспламеняемых. Выбрано рациональное содержание диорита и хромита как наполнителя (100 масс.ч. хромита и 50 масс.ч. диорита), обеспечивающее повышение физико-механических характеристик и снижение себестоимости продукции: на 15–30% возрастает изгибающее напряжение и в 3,5–4,5 раза повышается модуль упругости при изгибе, на 35% возрастает прочность и на 50–240% модуль упругости при растяжении, на 68–95% возрастает твердость, при этом удается сохранить ударную вязкость на уровне ненаполненного пластифицированного композита. Кроме того, доказано, что введение как диорита, так и хромита обеспечивает повышение термо- и термостойкости эпоксидных композитов, а также приводит к снижению горючести эпоксидного композита: снижаются потери массы при поджигании на воздухе до 1,2–2,2% и возрастает кислородный индекс с 28 до 30–35% объемных, таким образом, материал не поддерживает горение на воздухе и относится к классу трудновоспламеняемых. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта для молодых ученых СГТУ имени Гагарина Ю.А. (проект СГТУ-287).

Ключевые слова: Эпоксидная смола, модификация, замедлители горения, снижение горючести, свойства

Epoxy composites with increased operational characteristics, filled with dispersed mineral fillers

Anton S. Mostovoi¹ Mostovoy19@rambler.ru
Ainur S. Nurtazina¹ nurtazina_83@mail.ru
Yulia A. Kadykova¹ kadykova06@yandex.ru

¹ Engels Technological Institute of Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Liberty Square, 17, Engels, 413100, Russia

Summary. The aim of this work is to increase the physicochemical, deformation and strength properties and to reduce the combustibility of composites on the base of epoxy resin by introducing a oligo(resorcinophenyl phosphate) with terminal phenyl groups Fyrolflex - modifier of polyfunctional action, and disperse mineral fillers – diorite and chromite. Result of the studies established that the optimum amount of modifier in the composition of the epoxy resin is 40 mass parts, which provides an increase in the operational properties of the composites: the breaking stress at bending increases by 2 times, the breaking stress at compression increases by 28%, the impact strength increases twice, while the modulus of elasticity and hardness of composites slightly decrease. The addition of modifier into the epoxy polymer provides an increase in heat resistance from 86 to 132–156 °C, also it improves the thermal stability of the composite, which manifests itself in a shift from the initial temperature to higher temperatures (from 200 to 230 °C), while it is noticed furthermore that yield of carbonized Structures was risen from 40 to 54%, providing less release of volatile pyrolysis products into the gas phase, which leads to the decrease in flammability of the epoxy composite and it can be shown in the reduction of its loss in mass while cauterizing in air from 78 to about 4.7% and an increase in the oxygen index from 19 to 28% by volume what transfers the material into class with low flammability. The rational content of diorite and chromite (100 parts by weight of chromite and 50 parts by mass of diorite) is chosen as a filler, which ensures an increase in physical and mechanical characteristics and a reduction in the cost of production: the breaking stress increases by 15–30% and the elastic modulus at bending increases 3.5–4.5 times, the breaking stress increases by 35%, and the tensile modulus by 50–240%, the hardness increases by 68–95%, while the impact strength remains at the level of the unfilled plasticized composite. In addition, it is proved that the addition of both diorite and chromite provides an increase in the thermal and heat resistance of epoxy composites, also lowers combustibility of the epoxy composite: the weight loss at ignition in air is reduced to 1.2–2.2% and the oxygen index rises from 28 to 30–35% by volume, thus the material does not support combustion in air and belongs to the class of hardly flammable. The study was carried out with the financial support of a grant for young scientists of the SSTU named after Gagarin Yu.A. (project SGTU-287).

Keywords: Epoxy resin, modification, flame retardants, reduction of flammability, properties

Для цитирования

Мостовой А.С., Нуртазина А.С., Кадыкова Ю.А. Эпоксидные композиты с повышенными эксплуатационными характеристиками, наполненные дисперсными минеральными наполнителями // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 330–335. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-330-335

For citation

Mostovoi A.S., Nurtazina A.S., Kadykova Yu.A. Epoxy composites with increased operational characteristics, filled with dispersed mineral fillers. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. mvol. 80. no. 3. pp. 330–335 (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-330-335

Введение

Полимерные композиционные материалы на основе эпоксидных смол обладают рядом ценных свойств: высокие диэлектрические показатели, повышенная механическая прочность, водостойкость, малая усадка при переходе в шитое состояние, хорошая адгезия к металлам, фарфору, стеклу. Это позволяет использовать их в качестве связующих при производстве полимерных композитов, лаков, клеев, пропиточных и заливочных компаундов [1–2, 7–9, 12].

Вместе с этим они имеют ряд отрицательных качеств: повышенная хрупкость, пожароопасность, низкая стойкость к действию климатических факторов [1–10].

Легкая воспламеняемость эпоксидных смол обусловлена тем, что продуктами деструкции отвержденной эпоксидной смолы являются летучие продукты, которые содержат значительное количество горючих соединений (ацетон, оксид углерода, ацетальдегид, формальдегид). Вместе с тем при воздействии повышенных температур при пиролизе эпоксидных смол формируется карбонизованный остаток. Его образование является результатом того, что эпоксидные олигомеры, отвержденные аминами, при воздействии температур склонны к дегидратации вследствие отрыва атома водорода от ароматического и алифатического звеньев цепи с последующей конденсацией углеродных остатков и образованием квазиграфитовой структуры [3, 7–10].

Поэтому весьма эффективным методом снижения горючести является использование замедлителей горения (ЗГ), оказывающих влияние на процессы структурирования полимера при воздействии на него повышенных температур. Применение соединений, которые катализируют пиролитические процессы, способствующие коксообразованию, обеспечивает снижение загрязнения окружающей среды. К таким соединениям для эпоксидных смол относятся фосфорсодержащие ЗГ [3, 7–10], в том числе олиго (резорцинфенилфосфат) с концевыми фенильными группами (ОРФФ), который одновременно с влиянием на процессы при пиролизе и горении влияет на технологические и эксплуатационные свойства композитов, оказывая пластифицирующее действие.

Большие потенциальные возможности улучшения характеристик композиционных материалов заложены в использовании как пластификаторов, так и недорогих и эффективных наполнителей [5–8], в число которых входят дисперсные минеральные наполнители, в частности, измельченные диорит и хромит.

Цель работы – повышение физико-химических, деформационно-прочностных свойств и снижение горючести композитов на основе эпоксидной смолы путём введения модификатора полифункционального действия ОРФФ и дисперсных минеральных наполнителей – диорита и хромита.

Материалы и методы

Разрабатывались составы на основе эпоксидной диановой смолы марки ЭД-20 (ГОСТ 10587-93). В качестве отвердителя эпоксидного олигомера применялся отвердитель аминного типа – полиэтиленполиамин (ПЭПА) (ТУ 6-02-594-85), способный формировать трехмерную сетчатую структуру в отсутствие нагрева.

Для пластификации эпоксидных композитов в работе использовали олиго (резорцинфенилфосфат) с концевыми фенильными группами (ОРФФ), представляющий собой олигомерный безгалогенный пластификатор с антипиреновыми свойствами, разработанный специально для использования в качестве антипирена для конструкционных полимеров. По сравнению с другими безгалогенными (фосфатными) антипиренами относительно стабилен при низкой летучести, удовлетворяя технологическим требованиям производства большинства технических пластиков (начало термической деструкции при +300 °С). Преимущество ОРФФ над другими бис-фосфатами заключается в более низкой вязкости, что облегчает обращение с продуктом и улучшает его технологические свойства (более низкая температура смешивания).

Выбор ОРФФ обусловлен наличием в его составе ингибитора горения – фосфора (10,7%), который структурирует эпоксидный полимер при воздействии на него повышенных температур и обеспечивает увеличение выхода карбонизованных структур, что снижает горючесть эпоксидного композита [7–10].

В работе применялись следующие методы исследования свойств:

- определение разрушающего напряжения при изгибе [ГОСТ 4648–71],
- определение разрушающего напряжения при растяжении [ГОСТ 11262–80];
- определение модуля упругости при растяжении и изгибе [ГОСТ 9550–81];
- определение разрушающего напряжения при сжатии [ГОСТ 4648–71];
- определение ударной вязкости [ГОСТ 4647–80];
- определение твердости по Бринеллю [ГОСТ 4670–91];
- определение теплостойкости по Вика [ГОСТ 15088–83];
- определение кислородного индекса [ГОСТ 21793–76];

• изменение массы, скорости изменения массы и величин тепловых эффектов при нагреве образцов изучалось с применением метода термогравиметрического анализа с использованием дериватографа системы «Паулик–Паулик–Эрдей» фирмы MOM марки Q-1500D, [ГОСТ 29127–91].

Результаты и обсуждение

В эпоксидный олигомер ОРФФ вводился в количестве 20–50 масс. ч. Проведенные исследования показали, что рациональным содержанием ОРФФ в составе эпоксидной

композиции является 40 масс. ч., так как при этом достигаются более высокие показатели исследуемых физико-механических свойств: в 2 раза возрастает изгибающее напряжение, на 28% повышается прочность при сжатии, в 2 раза возрастает ударная вязкость, при этом незначительно снижается модуль упругости и твердость композитов (таблица 1).

Дальнейшее увеличение содержания ОРФФ приводит к снижению физико-механических характеристик эпоксидных композитов.

Таблица 1.

Свойства эпоксидных композитов

Table 1.

Properties of epoxy composites

Состав композиции, масс. ч., отвержденной 15 масс. ч. ПЭПА Composition, wt. h, hardened 15 wt. h. PEPA	$G_{из}$, МПа G_{iz} , MPa	$E_{из}$, МПа E_{iz} , MPa	$G_{сж}$, МПа G_{sj} , MPa	$a_{уд}$, кДж/м ² a_{ud} , kJ/m ²	H_B , МПа H_B , MPa
100ЭД-20	40	2654	78	3	225
100ЭД-20+20ОРФФ	65	1591	89	4	220
100ЭД-20+30ОРФФ	71	2027	95	4	190
100ЭД-20+40ОРФФ	80	2210	100	6	175
100ЭД-20+50ОРФФ	75	2059	110	5	155

Примечание: $G_{из}$ – изгибающее напряжение; $E_{из}$ – модуль упругости при изгибе; $G_{сж}$ – прочность при сжатии; $a_{уд}$ – ударная вязкость; H_B – твердость по Бринеллю; коэффициент вариации по свойствам 3–5%.

Note: G_{iz} – bending stress; E_{iz} – flexural modulus; G_s – compressive strength; a_{ud} – impact strength; H_B – Brinell hardness; coefficient of variation by properties of 3–5%.

Введение 40 масс. ч. ОРФФ в эпоксидный полимер обеспечивает повышение теплостойкости с 86 до 132 °С, а также увеличение термостойкости композита, что проявляется в смещении начальной температуры основной стадии деформации в область более высоких температур (с 200 до 230 °С). При этом отмечено повышение выхода карбонизованных структур с 40 до 54%, обеспечивающее уменьшение выделения летучих продуктов пиролиза в газовую фазу, что приводит к снижению горючести эпоксидного композита и проявляется в снижении потерь его массы при поджигании на воздухе с 78,0 до 4,7% и возрастании кислородного индекса с 19 до 28% объемных, что переводит материал в класс трудновоспламеняемых.

В дальнейших исследованиях с целью повышения эксплуатационных свойств эпоксидных композитов и снижения их себестоимости применяли недорогие, но эффективные наполнители, в число которых входят дисперсные минеральные наполнители, в частности, тонкоизмельченные диорит и хромит.

Изучение химического состава наполнителей проводили методом рентгенофлуоресцентного анализа, таблица 2.

В результате проведенных исследований установлено, что хромит преимущественно состоит из оксидов хрома (II), железа (III), кремния, алюминия, титана, карбонат кальция, а диорит – из оксидов железа (III), кремния,

кальция, алюминия и титана. Такой состав свидетельствует об их экологической безопасности и возможности использования в качестве наполнителей эпоксидного композита.

Таблица 2.

Химический состав наполнителей

Table 2.

Chemical composition of fillers

Компонент	Концентрация, %
Хромит	
CrO	43,23
CaCO ₃	21,42
Fe ₂ O ₃	17,73
SiO ₂	13,06
Al ₂ O ₃	3,03
Ni	0,82
Cu	0,34
TiO ₂	0,15
Zn	0,11
S	0,08
P	0,03
Диорит	
Fe ₂ O ₃	41,23
SiO ₂	22,86
CaO	20,30
Al ₂ O ₃	10,78
TiO ₂	2,39
Cu	1,25
Mn	0,72
K	0,31
P	0,09
S	0,06

Частицы тонкоизмельченных диорита и хромита имеют неправильную форму со средним размером частиц 3–15 мкм.

В качестве полимерной матрицы использован ранее разработанный нами состав, состоящий из 100 масс. ч. эпоксидной смолы марки ЭД-20, 40 масс. ч. ОРФФ и 15 масс. ч. ПЭПА.

В эпоксидную композицию хромит и диорит вводились от 50 до 150 масс. ч. Для повышения равномерности распределения наполнителей, а также активации их поверхности и связующего применялась ультразвуковая обработка состава. Параметры ультразвукового воздействия: частота УЗ – 22±2 кГц, продолжительность 60 мин [11].

Проведенные исследования показали, что наиболее рациональным является введение 100 масс. ч. хромита и 50 масс. ч. диорита, так как при этом обеспечивается повышение физико-механических характеристик и снижается себестоимость продукции: на 15–30% возрастает разрушающее напряжение и в 3,5–4,5 раза повышается модуль упругости при изгибе, на 35% возрастает разрушающее напряжение и на 50–240% модуль упругости при растяжении, на 68–95% возрастает твердость. При этом удается сохранить ударную вязкость на уровне ненаполненного пластифицированного композита (таблица 3).

Таблица 3.

Свойства эпоксидных композитов

Table 3.

Properties of epoxy composites

Состав композиции, масс. ч., отвержденной 15 масс. ч. ПЭПА Composition, wt. h., hardened 15 wt. h. PEPA	$G_{из}$, МПа G_{iz} , MPa	$E_{из}$, МПа E_{iz} , MPa	G_p , МПа G_r , MPa	E_p , МПа E_r , MPa	$a_{уд}$, кДж/м ² a_{ud} , kJ/m ²	H_B , МПа H_B , MPa
100ЭД-20+40ОРФФ	80	2210	30	1896	6,0	175
100ЭД-20+40ОРФФ+100Хромит	92	10376	41	2737	5,5	345
100ЭД-20+40ОРФФ+50Диорит	105	8058	42	4600	5,0	295

Примечание: $G_{из}$ – изгибающее напряжение; $E_{из}$ – модуль упругости при изгибе; G_p – прочность при растяжении; E_p – модуль упругости при растяжении; $a_{уд}$ – ударная вязкость; H_B – твердость по Бринеллю; коэффициент вариации по свойствам 5–7%.

Note: G_{iz} – bending stress; E_{iz} – flexural modulus; G_r – tensile strength; E_r – tensile modulus a_{ud} – impact strength; H_B – Brinell hardness; coefficient of variation by properties of 5–7%.

Вследствие того что диорит и хромит являются термостойкими материалами, их введение в эпоксидный композит приводит к повышению теплостойкости по Вика с 132 до 160–222 °С (таблица 4).

Введение (диорита/хромита) в эпоксидный композит обеспечивает повышение термостойкости композита, что проявляется в смещении начальной температуры основной стадии деформации в область более высоких температур (с 230 до 240–245 °С). При этом отмечено

повышение выхода карбонизованных структур с 54 до 68–81%, обеспечивающего уменьшение выделения летучих продуктов пиролиза в газовую фазу, что приводит к снижению горючести эпоксидного композита и проявляется в снижении потерь его массы при поджигании на воздухе до 1,2–2,2% и возрастании кислородного индекса с 28 до 30–35% объемных. Таким образом, материал относится к классу трудновоспламеняемых (таблица 4).

Таблица 4.

Физико-химические свойства эпоксидных композитов

Table 4.

Physico-chemical properties of epoxy composites

Состав композиции, масс. ч., отвержденной 15 масс. ч. ПЭПА Composition, wt. h., hardened 15 wt. h. PEPA	T_1 – T_2 °С	Выход карбонизованных структур при T_2 , % масс. Output of carbonized structures at T_2 , % mass	Δm , %	КИ, % объем. OI, % volume	T_B , °С
100ЭД-20	200–390	40 (390 °С)	78	19	86
100ЭД-20+40ОРФФ	230–370	54 (370 °С)	4,7	28	132
100ЭД-20+40ОРФФ+50Диорит	245–380	70 (380 °С)	2,2	30	180
100ЭД-20+40ОРФФ+100Диорит	245–370	77 (370 °С)	1,8	32	188
100ЭД-20+40ОРФФ+50Хромит	240–360	68 (360 °С)	2,0	30	160
100ЭД-20+40ОРФФ+100Хромит	242–350	77 (350 °С)	1,7	33	192
100ЭД-20+40ОРФФ+150Хромит	245–350	81 (360 °С)	1,2	35	222

Примечание: T_1 , T_2 – начальная и конечная температура основной стадии термоллиза; Δm – потери массы при поджигании на воздухе; КИ – кислородный индекс; T_B – теплостойкость по Вика.

Note: T_1 , T_2 – initial and final temperature of the main stage of thermolysis; Δm – weight loss during ignition in air; OI – oxygen index; T_B – heat resistance according to Vica.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено оптимальное содержание ОРФФ в составе эпоксидной композиции – 40 масс. ч., обеспечивающее повышение эксплуатационных свойств композитов. Доказано, что введение ОРФФ в эпоксидный полимер обеспечивает повышение теплостойкости с 86 до 132 °С. Выбрано рациональное содержание диорита и хромита как наполнителя (100 масс. ч. хромита и 50 масс. ч. диорита), обеспечивающее повышение физико-механических характеристик и снижение себестоимости продукции: на 15–30% возрастает разрушающее напряжение и в 3,5–4,5 раза повышается модуль упругости при изгибе, на 35% возрастает разрушающее напряжение и на 50–240% – модуль упругости

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Radoman T.S., Dzunuzovic J.V., Jeremic K.B., Grgur B.N. et al. Improvement of epoxy resin properties by incorporation of TiO₂ nanoparticles surface modified with gallic acid esters // *Materials and Design*. 2014. № 62. P. 158–167.
- 2 Kumara R., Kumarb K., Sahooc P., Bhowmika S. Study of mechanical properties of wood dust reinforced epoxy composite // *Procedia Materials Science*. 2014. № 6. P. 551–556.
- 3 Qian L., Qiu Y., Sun N., Xu M. et al. Pyrolysis route of a novel flame retardant constructed by phosphaphenanthrene and triazine-trione groups and its flame-retardant effect on epoxy resin // *Polymer Degradation and Stability*. 2014. № 107. P. 98–105.
- 4 Осипов П.В., Осипчик В.С., Смотров С.А., Савельев Д.Н. Регулирование свойств наполненных эпоксидных олигомеров // *Пластические массы*. 2011. № 4. С. 3–5.
- 5 Стухляк П.Д., Карташов В.В., Соривка И.Т., Скороход А.З. Влияние ферромагнитных наполнителей на ударную вязкость и седиментационную стойкость эпоксикомпозитов, сформированных под воздействием переменного магнитного поля // *Перспективные материалы*. 2013. № 6. С. 63–68.
- 6 Старокадомский Д.Л., Ткаченко А.А., Гарашенко И.И. Изменение свойств композита полиэпоксид-нанокремнезём после модифицирования поверхности наполнителя исходной эпоксидной смолой // *Пластические массы*. 2015. № 5–6. С. 50–55.
- 7 Еремеева Н.М., Никифоров А.В., Свешникова Е.С., Панова Л.Г. Исследование свойств эпоксидных композиций на основе модифицированных целлюлозо-содержащих материалов // *Молодой ученый*. 2015. № 24.1 (104.1). С. 20–23.
- 8 Плакунова Е.В., Панова Л.Г. Исследование возможности использования технологических отходов химических производств в качестве наполнителей полимерных матриц // *Химическая промышленность*. 2013. Т. 90. № 6. С. 295–301.
- 9 Мостовой А.С., Плакунова Е.В., Панова Л.Г. Разработка огнестойких эпоксидных композиций и исследование их структуры и свойств // *Перспективные материалы*. 2014. № 1. С. 37–43.

при растяжении, на 68–95% возрастает твердость. При этом удается сохранить ударную вязкость на уровне ненаполненного пластифицированного композита.

Кроме того, доказано, что введение как диорита, так и хромита обеспечивает повышение термо- и теплостойкости эпоксидных композитов, а также приводит к снижению горючести эпоксидного композита: снижаются потери массы при поджигании на воздухе до 1,2–2,2% и возрастает кислородный индекс с 28 до 30–35% объемных. Таким образом, материал не поддерживает горение на воздухе и относится к классу трудновоспламеняемых.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта для молодых ученых СГТУ имени Гагарина Ю.А. (проект СГТУ-287).

10 Ширшова Е.С., Татаринцева Е.А., Плакунова Е.В., Панова Л.Г. Изучение влияния модификаторов на свойства эпоксидных композиций // *Пластические массы*. 2006. № 12. С. 34–36.

11 Mostovoi A.S., Yakovlev E.A., Burmistrov I.N., Panova L.G. Use of Modified Nanoparticles of Potassium Polytitanate and Physical Methods of Modification of Epoxy Compositions for Improving Their Operational Properties // *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2015. V. 88. № 1. P. 129–137.

12 Садыгов Ш.Ф., Ищенко Н.Я., Агаева С.А. Модификация ЭД-20 глицидными эфирами некоторых бензойных кислот // *Пластические массы*. 2008. № 3. С. 24–26.

REFERENCES

- 1 Radoman T.S., Dzunuzovic J.V., Jeremic K.B., Grgur B.N. et al. Improvement of epoxy resin properties by incorporation of TiO₂ nanoparticles surface modified with gallic acid esters. *Materials and Design*. 2014. no. 62. pp. 158–167.
- 2 Kumara R., Kumarb K., Sahooc P., Bhowmika S. Study of mechanical properties of wood dust reinforced epoxy composite. *Procedia Materials Science*. 2014. no. 6. pp. 551–556.
- 3 Qian L., Qiu Y., Sun N., Xu M. et al. Pyrolysis route of a novel flame retardant constructed by phosphaphenanthrene and triazine-trione groups and its flame-retardant effect on epoxy resin. *Polymer Degradation and Stability*. 2014. no. 107. pp. 98–105.
- 4 Osipov P.V., Osipchik V.S., Smotrova S.A., Savelyev D.N. Controlling the properties of filled epoxy oligomers. *Plasticheskie massy* [Plastics]. 2011. no 4. pp 3–5. (in Russian)
- 5 Stuhljak P.D., Kartashov V.V., Sorivka I.T., Skoroход A.Z. Influence of ferromagnetic fillers on impact strength and sedimentation resistance of epoxycomposites, formed under alternating magnetic field. *Perspektivnye materialy* [Perspective materials]. 2013. no. 6. pp. 63–68. (in Russian)
- 6 Starokadomskij D.L., Tkachenko A.A., Garashenko I.I. Change of composite properties of polyepoxide-nanokremnezem after surface modification of filler by initial epoxy resin. *Plasticheskie massy* [Plastics]. 2015. no 5–6. pp. 50–55. (in Russian)

7 Ereemeeva N.M., Nikiforov A.V., Sveshnikova E.S., Panova L.G. Studying the properties of epoxy compositions based on modified cellulose materials. *Molodoy uchenyy* [Young scientist]. 2015. no. 24.1 (104.1). pp. 20–23. (in Russian)

8 Plakunova E.V., Panova L.G. Study the possibility of using technological chemical production waste as fillers of polymer matrices. *Himicheskaya promyshlennost'* [Chemical industry]. 2013. vol. 90. no. 6. pp. 295–301. (in Russian)

9 Mostovoi A.S., Plakunova E.V., Panova L.G. Development of flame retardant epoxy composites and study of their structure and properties. *Perspektivnye materialy* [Perspective materials]. 2014. no. 1. pp. 37–43. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Антон С. Мостовой к.т.н., доцент, кафедра «Естественные и математические науки», Энгельсский технологический институт (филиал) «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Пл. Свободы, 17, г. Энгельс, 413100, Россия, Mostovoy19@rambler.ru

Айнур С. Нуртазина аспирант, кафедра «Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых производств», Энгельсский технологический институт (филиал) «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Пл. Свободы, 17, г. Энгельс, 413100, Россия, nurtazina_83@mail.ru

Юлия А. Кадыкова д.т.н., зав. кафедрой, кафедра «Экономика и гуманитарные науки», Энгельсский технологический институт (филиал) «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Пл. Свободы, 17, г. Энгельс, 413100, Россия, kadykova06@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Антон С. Мостовой провел эксперимент, написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Айнур С. Нуртазина обзор литературных источников по исследуемой проблеме, выполнила расчёты

Юлия А. Кадыкова консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 05.06.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 05.06.2018

10 Shirshova E.S., Tatarinceva E.A., Plakunova E.V., Panova L.G. Study of the effect of modifiers on the properties of epoxy compositions. *Plasticheskie massy* [Plastics]. 2006. no. 12. pp. 34–36. (in Russian)

11 Mostovoi A.S., Yakovlev E.A., Burmistrov I.N., Panova L.G. Use of Modified Nanoparticles of Potassium Polytitanate and Physical Methods of Modification of Epoxy Compositions for Improving Their Operational Properties. *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2015. vol. 88. no. 1. pp. 129–137.

12 Sadygov Sh.F. Ishhenko N.Ja., Agaeva S.A. Modification of the ED-20 glycidyl esters of certain benzoic acids. *Plasticheskie massy* [Plastics]. 2008. no. 3. pp. 24–26. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Anton S. Mostovoi Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, department of Natural and Mathematical Sciences, Engels Technological Institute of Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Liberty Square, 17, Engels, 413100, Russia, Mostovoy19@rambler.ru

Ainur S. Nurtazina graduate student, department "Technology and equipment of chemical, oil and gas and food industries", Engels Technological Institute of Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Liberty Square, 17, Engels, 413100, Russia, nurtazina_83@mail.ru

Yulia A. Kadykova Dr. Sci. (Engin.), head of the department, department of Economics and Humanities, Engels Technological Institute of Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Liberty Square, 17, Engels, 413100, Russia, kadykova06@yandex.ru

CONTRIBUTION

Anton S. Mostovoi conducted an experiment, wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Ainur S. Nurtazina review of the literature on an investigated problem, performed computations

Yulia A. Kadykova consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 6.5.2018

ACCEPTED 6.5.2018

Исследование термической стабильности трансформаторного масла ВГ в присутствии индивидуальных сульфидов

Лейсан Р. Гайнуллина¹ gainullina7819@mail.ru
Валерия П. Тутубалина¹

¹ Казанский государственный энергетический университет, ул. Красносельская, 51, г. Казань, 420066, Россия

Реферат. В связи с известным негативным влиянием сераорганических соединений на качество трансформаторных масел и соответствующим удорожанием их производства, включающего различные способы очистки масляных фракций от сераорганических соединений были проведены исследования структурно-группового состава нефтяных сераорганических соединений и их влияния на эксплуатационные свойства трансформаторного масла. Изучено влияние индивидуальных сульфидов на термическую стабильность трансформаторного масла марки ВГ в электрическом поле напряженностью 30 кВ/см при изменении концентрации сульфидов в диапазоне от 0 до 1,0% от массы масла. Исследование проводилось с использованием метилбензилсульфида и метилфенилсульфида на основе трансформаторного масла марки ВГ без добавления традиционной присадки ионола. Для получения максимальной термической стабильности трансформаторного масла определена оптимальная концентрация индивидуальных сульфидов, составляющая 0,5% от массы масла. Анализ ингибирующей способности метилбензил- и метилфенилсульфида показал, что более эффективной присадкой к маслу является метилбензилсульфид, который повышает термическую стабильность масла и снижает количество поглощенного воздуха в большей степени (в 2,2 раза) по сравнению с метилфенилсульфидом, взятых при оптимальной концентрации, равной 0,5% от массы масла. Проведенный сравнительный анализ строения молекул метилбензилсульфида и метилфенилсульфида показал, что при одинаковой длине парафиновой цепи замена нафтенового цикла на ароматическое ядро приводит к снижению эффективности индивидуального сульфида в качестве антиокислительной добавки к маслу.

Ключевые слова: трансформаторное масло, термическая стабильность, индивидуальные сульфиды, ингибиторы, метилбензилсульфид, метилфенилсульфид

Research of thermal stability of the VG transformer oil in the presence of individual sulfides

Laysan R. Gaynullina¹ gainullina7819@mail.ru
Valeria P. Tutubalina¹

¹ Kazan State Power Engineering University Krasnoselskaya str., 51 Kazan, 420066, Russia

Summary. In connection with the known negative impact of organosulfur connections on quality of transformer oils and the corresponding rise in price of their production including various ways of cleaning of oil fractions of organosulfur connections re-researches of structural and group structure of oil organosulfur connections and their influence on operational properties of transformer oil have been conducted. Influence of individual sulfides on thermal stability of the brand VG transformer oil in electric field is studied by tension of 30 kV/cm at change of concentration of sulfides in range from 0 to 1,0% from the mass of oil. The research was conducted with use of methylbenzylsulfide and a metilfenilsulfide on the basis of the brand VG transformer oil without addition of an ionol. It is established that individual sulfides metilbenzil- and metilfenilsulfide treat the anti-oxidizing additives reducing oil aging speed. For obtaining the maximum thermal stability of transformer oil the optimum concentration of individual sulfides making 0,5% of the mass of oil is defined. The analysis of the inhibiting ability metilbenzil- and a metilfenilsulfida has shown that more effective additive to oil is methylbenzylsulfide which increases thermal stability of oil and reduces amount of the absorbed air more (by 2,2 times) in comparison with the metilfenilsulfide, 0,5% of the mass of oil taken at the optimum concentration equal. The carried-out comparative analysis of a molecular structure of methylbenzylsulfide and metilfenilsulfide has shown that with an identical length of a paraffin chain replacement of a naphthenic cycle by an aromatic kernel leads to decrease in efficiency of individual sulfide as anti-oxidizing additive to oil.

Keywords: transformer oil, thermal stability individual sulfides, inhibitors, methylbenzylsulfide, metilfenilsulfide

Введение

Сераорганические соединения, содержащиеся в масляных фракциях, ухудшают их качество, усложняют и удорожают производство из них трансформаторного масла. При производстве трансформаторных масел используют различные способы очистки масляных фракций от сераорганических соединений и комбинации различных методов [1–5].

Комплекс исследования структурно-группового состава нефтяных сераорганических

соединений показал, что некоторые из них могут быть применимы в виде присадок для повышения эксплуатационных свойств трансформаторного масла [6, 7].

Цель работы – исследовать влияние индивидуальных сульфидов на эксплуатационные свойства трансформаторного масла ВГ, производимого из парафинистых нефтей с использованием гидрокаталитических процессов.

Для цитирования

Гайнуллина Л.Р., Тутубалина В.П. Исследование термической стабильности трансформаторного масла ВГ в присутствии индивидуальных сульфидов // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 336–340. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-336-340

For citation

Gaynullina L.R., Tutubalina V.P. Research of thermal stability of the VG transformer oil in the presence of individual sulfides. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 336–340. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-336-340

Материалы и методы

Масло ВГ может использоваться в электрооборудовании высших классов напряжения и по всем своим характеристикам отвечает требованиям стандарта МЭК 60296-2003 к маслам класса IIА.

Для чистоты эксперимента масло ВГ в своем составе не содержало традиционной

антиокислительной присадки – ионола (2,6 дитретичный бутилпаракрезол).

В процессе проведения эксперимента в качестве индивидуальных сульфидов использовали метилбензилсульфид (МБС) и метилфенилсульфид (МФС).

Физико-химические характеристики исследуемых индивидуальных сульфидов приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Физико-химические свойства МБС и МФС

Table 1.

Physical and chemical properties of MBS and MFS

Показатель Index	МБС MBS	МФС MFS
Плотность density, ρ_4^{20}	1,0282	1,0756
Показатель преломления index of refraction, n_D^{20}	1,5643	1,5907
Молекулярная масса molecular weight	138	124
Элементный состав element structure, %:		
C	69,56	67,74
H	7,25	6,45
S	23,19	25,01

Воздействие МБС и МФС на эксплуатационные характеристики трансформаторного масла ВГ проводили в установке, представляющей собой модель секции трансформатора. Исследования проводили в электрическом поле напряженностью 30 кВ/см в присутствии медных и железных пластинок, взятых в количестве 0,2 и 0,3 см³ на 1 г масла, имитирующих конструкционные металлы трансформаторного оборудования и ускоряющие старение масла [8, 9].

Принятые экспериментальные условия исследования старения масла в электрическом поле соответствуют реальным условиям его эксплуатации в электрическом поле высокой напряженности при наличии кислорода воздуха и повышенных рабочих температурах, достигающих в верхних слоях масла в трансформаторном баке 95–105 °С.

При эксплуатации масла в маслonaполненном электрическом оборудовании в электрическом поле под воздействием высоких температур и кислорода воздуха происходит его термохимическое и электрическое старение, приводящее в связи с изменением молекулярного состава масла к ухудшению его эксплуатационных показателей, а именно пробивного напряжения, тангенса угла диэлектрических потерь, образованию осадка, воды и т. д. [9, 10].

Исследование влияния индивидуальных сульфидов МБС и МФС на термическую стабильность масла проводили в соответствии с ГОСТ 982-80.

В качестве исходного масла было использовано трансформаторное масло ВГ, в состав которого входит антиокислительная присадка ионол.

Результаты и обсуждение

Экспериментальные данные по исследованию термической стабильности, полученные в присутствии МБС и МФС, взятых в количестве 0,3; 0,5; 0,7 и 1,0%, приведены в таблице 2.

В соответствии с экспериментальными данными (таблица 2) при введении в состав масла ВГ индивидуальных сульфидов МБС и МФС наблюдается повышение термической стабильности масла, поскольку все параметры стабильности улучшаются по сравнению с параметрами исходного масла ВГ.

Сравнительный анализ, проведенный по экспериментальным данным (таблица 2) показал, что в качестве ингибирующей добавки МБС проявил себя в исследуемом процессе эффективнее МФС. Причем наибольшая активность исследуемых индивидуальных сульфидов проявилась при их введении в количестве 0,5%. Снижение или увеличение количества добавки МБС или МФС приводит к снижению термостабильности масла ВГ. Опытным путем доказано, что оптимальное количество сульфидов МБС и МФС, обеспечивающее максимальную термическую стабильность, составляет 0,5% от массы масла ВГ.

Влияние количества МБС и МФС на термическую стабильность масла ВГ

Table 2.

Influence of quantity of MBS and MFS on thermal stability of oil of the VG brand

Количество сульфида Amount of sulfide, %	Термическая стабильность по ГОСТ 982-80 Thermal stability in accordance with GOST 982-80		
	Кислотное число, мг КОН/1 г масла acid number, mg KOH/1 g of oil	Осадок Sludge, %	Вода Water, %
Исходное масло Initial oil	0,160	0,018	0,001
МБС 0,3	0,080	0,009	0,0007
МБС 0,5	0,005	0,00	0,00
МБС 0,7	0,090	0,011	0,0008
МБС 1,0	0,100	0,015	0,0009
МФС 0,3	0,097	0,010	0,0009
МФС 0,5	0,020	0,004	0,0007
МФС 0,7	0,100	0,013	0,0068
МФС 1,0	0,120	0,014	0,0083

Из таблицы 2 видно, что при введении 0,5% МБС в масло количество образовавшихся кислых соединений уменьшается в 32 раза по сравнению с исходным маслом ВГ и в 4 раза – по сравнению с маслом с 0,5% антиокислительной добавкой МФС. Количество образовавшегося осадка и воды составило 0 в отличие от исходного масла ВГ и масла с антиокислительной добавкой МФС.

Следовательно, МБС в исследуемом процессе является более эффективным по сравнению с МФС.

Проведенный сравнительный анализ строения молекул сульфидов МБС и МФС показал, что при одинаковой длине парафиновой цепи замена нафтенового цикла на ароматическое ядро приводит к снижению эффективности индивидуального сульфида в качестве антиокислительной добавки к маслу.

При эксплуатации масла в трансформаторах под действием электрического поля высокой напряженности, кислорода воздуха и повышенных рабочих температур в углеводородных соединениях масла начинаются процессы окислительного превращения с образованием кислых продуктов, увеличивающих скорость старения масла и коррозию конструктивных металлов. Образовавшийся осадок оседает на элементах конструкции трансформатора и их твердой изоляции, вызывая в значительной мере ухудшение условий отвода теплоты, нарастание диэлектрических потерь и повышение скорости старения электрооборудования. Кроме перечисленных процессов образования кислых продуктов и осадка, происходит выделение воды, которая оказывает сильное каталитическое воздействие на окислительное превращение углеводородов масла.

Помимо перечисленных продуктов при окислении углеводородов масел образуются

газообразные продукты, появление которых связано с перегревом элементов конструкции трансформатора или с воздействием электрических разрядов в изоляции.

Все перечисленные продукты окисления выделяются в результате воздействия на масло кислорода воздуха, и выход их зависит от концентрации воздуха в объеме масла. Особенно этот факт важен при эксплуатации трансформаторов со «свободным дыханием», которые имеют сообщение с атмосферным воздухом. Поэтому было изучено влияние концентрации индивидуальных сульфидов МБС и МФС на количество поглощенного маслом ВГ воздуха.

Экспериментальные данные показаны на рисунке 1. Из рисунка видно, что с увеличением концентрации индивидуальных сульфидов в масле от 0 до 0,5% происходит снижение количества поглощенного воздуха маслом. Дальнейшее повышение концентрации МБС и МФС от 0,5 до 1,0% сопровождается нарастанием количества поглощенного воздуха маслом ВГ.

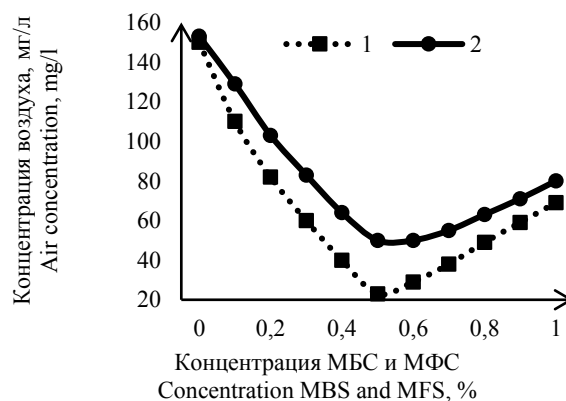


Рисунок 1. Влияние концентрации МБС и МФС на концентрацию воздуха в масле ВГ: 1 – МБС; 2 – МФС

Figure 1. Influence of the concentration of MBS and MFS on the air concentration in oil VG: 1 – MBS; 2 – MFS

Из рисунка видно, что кинетические закономерности поглощения воздуха маслом ВГ в присутствии сульфидов МБС и МФС подчиняются одним и тем же законам, о чем свидетельствует одинаковый ход кривых 1 и 2. Однако в присутствии МБС поглощается в 2,2 раза меньше воздуха по сравнению с МФС, что указывает на более высокую эффективность сульфида МБС по сравнению с сульфидом МФС.

Выводы

1. Исследовано влияние индивидуальных сульфидов: метилбензилсульфида и метилфенилсульфида на термическую стабильность трансформаторного масла ВГ в электрическом поле напряженностью 30 кВ/см.

2. Показано, что исследованные индивидуальные сульфиды являются антиокислительными ингибиторами, поскольку замедляют скорость снижения термической стабильности масла, о чем свидетельствуют низкие значения кислотных чисел, осадка и воды по сравнению с исходным маслом ВГ, в состав которого входит антиокислительная присадка ионол.

ЛИТЕРАТУРА

1 Гиматдинов Р.Р., Фахрутдинов Р.З. Состояние производства базовых масел в России // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. № 11. С. 58–62.

2 Борисов И.М., Газизова З.Ш., Шаяхметова Г.Р., Файзрахманов И.С. Каталитическое окисление нефтяных сульфидов пероксидом водорода под влиянием молибденовой или вольфрамовой кислот в присутствии добавок ацетона // Нефтехимия. 2015. Т. 55. № 3. С. 236–240.

3 Рахманов Э.В., Тараканова А.В., Валиева Т., Акопян А.В. и др. Окислительное обессеривание дизельной фракции пероксидом водорода в присутствии катализаторов на основе переходных металлов // Нефтехимия. 2014. Т. 54. № 1. С. 49–51.

4 Betiha M.A., Rabie A.M., Ahmed H.S., Abdelrahman A.A. et al. Oxidative desulfurization using graphene and its composites for fuel containing thiophene and its derivatives: An update review // Egyptian Journal of Petroleum. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2017.10.006>

5 Папина Е.Н., Майданцев С.А., Собчинский А.И. Технологии обессеривания высокосернистых нефтей: проблемы и перспективы // Молодежный научный вестник. 2017. № 11 (24). С. 154–158.

6 Харлампиди Х.Э., Гайнуллина Л.Р., Тутубалина В.П. Индивидуальные сернистые соединения – ингибиторы окисления углеводородов трансформаторного масла // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. № 7. С. 5–7.

7 Харлампиди Х.Э., Гайнуллина Л.Р., Тутубалина В.П. Влияние углеводородного состава и сернистых соединений на эксплуатационные свойства трансформаторного масла // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. № 6. С. 5–7.

8 Все о коррозии. URL: <https://www.okorrozii.com/metalloizdeliya.html>

3. Сравнительный анализ полученных экспериментальных данных показал, что метилбензилсульфид в изученном процессе является более эффективной ингибирующей присадкой, снижающей скорость старения масла, по сравнению с метилфенилсульфидом.

4. Установлено, что в присутствии метилбензилсульфида по сравнению с введением метилфенилсульфида в идентичных условиях эксперимента маслом поглощается в 2,2 раза меньше воздуха, образование кислых соединений в 4 раза меньше, а также не происходит выделения осадка и воды, что указывает на высокие показатели термической стабильности трансформаторного масла и ингибирующую способность метилбензилсульфида. Этот факт позволяет рекомендовать использование метилбензилсульфида в качестве ингибирующей присадки при производстве трансформаторных масел.

5. Оптимальная концентрация индивидуальных сульфидов в масле ВГ составляет 0,5% от массы масла.

9 Ризванова Г.И., Гафиятуллин Л.Г., Гарифуллин М.Ш., Козлов В.К. и др. Особенности старения трансформаторного масла в реальных условиях эксплуатации // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2015. № 9-10. С. 91–94.

10 Лядов Н.М., Туранова О.А., Козлов В.К., Туранов А.Н. Изучение продуктов старения трансформаторного масла методом сканирующей электронной микроскопии // Химия и технология топлив и масел. 2013. № 4. С. 53–56.

11 Martin D., Cui Yi, Ekanayake C., Ma H. et al. An Updated Model to Determine the Life Remaining of Transformer Insulation // IEEE Transactions on Power Delivery. 2015. V. 30. № 1. P. 395–402. doi: 10.1109/TPWRD.2014.2345775

12 Wang X., Tang C., Huang B., Hao J. et al. Review of Research Progress on the Electrical Properties and Modification of Mineral Insulating Oils Used in Power Transformers // Energies. 2018. № 11. P. 487–518.

REFERENCES

1 Gimatdinov R.R., Fakhrutdinov R.Z. State of production of base oils in Russia. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University]. 2016. vol. 19. no. 11. pp. 58–62. (in Russian)

2 Borisov I.M., Gazizova Z.Sh., Shayakhmetova G.R., Faizrahmanov I.S. Catalytic oxidation of petroleum sulphides by hydrogen peroxide under the influence of molybdenum or tungstic acids in the presence of acetone additives. *Neftekhimiya* [Petrochemistry]. 2015. vol. 55. no. 3. pp. 236–240. (in Russian)

3 Rakhmanov E.V., Tarakanova A.V., Valieva T., Akopyan A.V. et al. Oxidative desulfurization of a diesel fraction with hydrogen peroxide in the presence of catalysts based on transition metals. *Neftekhimiya* [Petrochemistry]. 2014. vol. 54. no. 1. pp. 49–51. (in Russian)

4 Betiha M.A., Rabie A.M., Ahmed H.S., Abdelrahman A.A. et al. Oxidative desulfurization using graphene and its composites for fuel containing thiophene and its derivatives: An update review. *Egyptian Journal of Petroleum*. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2017.10.006>

5 Papina E.N., Maydantsev S.A., Sobchinsky A.I. Technologies of desulfurization of high-sulfur oils: problems and prospects. *Molodezhnyj nauchnyj vestnik* [Youth scientific bulletin]. 2017. no. 11 (24). pp. 154–158. (in Russian)

6 Kharlampidi Kh.E., Gaynullina L.R., Tutubalina V.P. Individual sulfur compounds – inhibitors of oxidation of hydrocarbons of transformer oil. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University]. 2016. vol. 19. No. 7. pp. 5–7. (in Russian)

7 Kharlampidi Kh. E., Gaynullina L.R., Tutubalina V.P. Influence of hydrocarbon composition and sulfur compounds on the operational properties of transformer oil. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Technological University]. 2016. vol. 19. no. 6. pp. 5–7. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Лейсан Р. Гайнуллина к.т.н., доцент, кафедра энергообеспечения предприятий и энергоресурсосберегающих технологий, Казанский государственный энергетический университет, ул. Красносельская, 51, г. Казань, 420066, Россия, gainullina7819@mail.ru

Валерия П. Тутубалина д.т.н., профессор, главный научный сотрудник, Казанский государственный энергетический университет, ул. Красносельская, 51, г. Казань, 420066, Россия

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Лейсан Р. Гайнуллина написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат
Валерия П. Тутубалина консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 21.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.08.2018

8 Vse o korrozii [Everything about corrosion]. Available at: <https://www.okorrozii.com/metalloizdeliya.html> (in Russian)

9 Rizvanova G.I., Gafiyatullin L.G., Garifullin M.Sh. et al. Features of transformer oil aging under real operating conditions. *Izvestiya vuzov. Problemy ehnergetiki* [Izvestiya Vuzov. Problems of energy]. 2015. no. 9-10. pp. 91–94. (in Russian)

10 Lyadov N.M., Turanova O.A., Kozlov V.K., Turanov A.N. Study of aging products of transformer oil by scanning electron microscopy. *Himiya i tekhnologiya topliv i masel* [Chemistry and Technology of Fuels and Oils]. 2013. no. 4. pp. 53–56. (in Russian)

11 Martin D., Cui Yi, Ekanayake C., Ma H. et al. An Updated Model to Determine the Life Remaining of Transformer Insulation. *IEEE Transactions on Power Delivery*. 2015. vol. 30. no. 1. pp. 395–402. doi: 10.1109/TPWRD.2014.2345775

12 Wang X., Tang C., Huang B., Hao J. et al. Review of Research Progress on the Electrical Properties and Modification of Mineral Insulating Oils Used in Power Transformers. *Energies*. 2018. no. 11. pp. 487–518.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Leysan R. Gaynullina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Power supply of enterprises and energy resource saving technologies department, Kazan State Power Engineering University, Krasnoselskaya str., 51 Kazan, 420066, Russia, gainullina7819@mail.ru

Valeria P. Tutubalina Dr. Sci. (Engin.), professor, Chief Researcher, Kazan State Power Engineering University, Krasnoselskaya str., 51 Kazan, 420066, Russia

CONTRIBUTION

Leysan R. Gaynullina wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism
Valeria P. Tutubalina consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.21.2018

ACCEPTED 8.18.2018

Саморегулируемый электронагреватель на основе эластомера, модифицированный многослойными углеродными нанотрубками

Виктор С. Ягубов¹ vitya-y@mail.ru
Александр В. Щегольков¹ energynano@yandex.ru

¹ Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская, 106, г. Тамбов, 392000, Россия

Реферат. Обзор подходов к созданию материалов, в современной науке, для электронагрева позволяет сделать вывод о том, что исследование электропроводящих композитов базируется на применении эластомеров модифицированных наноразмерными углеродными материалами. При изготовлении электронагревателей главным свойством, которое повышает его характеристики, является саморегулирование температуры. Однако ученые, занимающиеся исследованиями электронагревателей, сталкиваются с трудностями связанными с величиной питающего напряжения и мощности. В этой связи задачами работы являются: исследования характеристик модификаторов для наномодифицированных нагревателей; подбор модификатора, который лучшим образом диспергируется в эластомере, что обеспечит максимальное значение питающего напряжения и высокое значение удельной мощности нагревателя. Для создания электрического нагревателя в качестве эластомера использовали силиконовый каучук модифицированный углеродными нанотрубками. Описали методику изготовления наномодифицированного материала нагревательного элемента. В качестве электропроводящего модификатора использовали многослойные углеродные нанотрубки, которые синтезированы методом CVD. Перед модифицированием эластомеров углеродные нанотрубки подвергали обработке на мельнице при частоте вращения рабочих лопастей 25 000 об/мин. Далее углеродные нанотрубки термически обрабатывали в печи до температуры 110 °С. После этого углеродные нанотрубки и эластомер смешивали с помощью смесительной машины типа BRABENDER, с последующим прессованием и получением пластин электронагревательного материала. Для обеспечения контакта нагревателя с источником питания использовали алюминиевую фольгу, которую вкладывали внутрь пуансонов перед прессованием. Исследовали электропроводность наномодифицированных материалов. Изготовили и описали установку для исследования электропроводности наномодифицированных материалов для эластичных нагревателей. На основе полученных результатов сделали вывод о целесообразности использования различных многослойных углеродных нанотрубок в качестве модификаторов эластомеров, которые, образуя электрические сети внутри эластомера способны к тепловыделению при подключении к электрическому напряжению. С помощью бесконтактного метода измерения температурного поля на поверхности электрического нагревателя получили термограммы. Температурное поле на поверхности электрического нагревателя имело равномерное распределение и стабилизировалось в определенное время после достижения теплового баланса с окружающей средой. На основе полученных данных сделали вывод о работоспособности нагревательного элемента, подключенного к сети переменного электрического тока с напряжением 220 В.

Ключевые слова: саморегулируемый нагреватель, наномодифицированный композит, силиконовый каучук, многослойные углеродные нанотрубки, электропроводность.

Self-regulating electric heater based on elastomer, modified with multilayer carbon nanotubes

Viktor S. Yagubov¹ vitya-y@mail.ru
Alexander V. Shchegolkov¹ energynano@yandex.ru

¹ Tambov State Technical University, 106 Sovetskaya St., Tambov, 392000, Russia

Summary. The review of modern approaches to the development of electric heating materials makes it possible to conclude that the studies of electrically conductive composites are based on using elastomers modified with nanoscale carbon materials. In the manufacturing of electric heaters, temperature self-regulation is the main property that increases their characteristics. However, researchers engaged in studying such heaters, face difficulties associated with the magnitude of supply voltage and power. In this regard, the tasks of the present work were as follows: to study the modifier characteristics for nanomodified heaters, and to select a modifier that is best dispersed in the elastomer, which will ensure the maximum magnitude of the supply voltage and the high value of the specific power of the heater. To develop an electric heater, silicone rubber modified with carbon nanotubes was used as an elastomer. The method for manufacturing the heating element nanomodified material was described. Multi-walled carbon nanotubes synthesized through the CVD method were employed as an electrically conductive modifier. Before modifying the elastomer, the carbon nanotubes were processed in a mill at a rotational speed of working blades of 25,000 rpm. Then, the nanotubes were thermally treated in a furnace until the temperature of 110 °C was reached. After that, the nanotubes and the elastomer were mixed using a BRABENDER mixer, followed by pressing and obtaining plates of the electric heating material. To ensure contact between the heater and the power source, aluminum foil, inserted into the punches before pressing, was used. The electrical conductivity of the elastic heater nanomodified material was studied using a setup (facility) constructed especially for that purpose. Based on the results obtained, a conclusion can be made on the expediency of using different multi-walled carbon nanotubes as elastomer modifiers, which form electrically conductive networks inside the elastomer and are capable of releasing heat when connected to an electrical voltage source. Employing a non-contact method of measuring the temperature field on the electric heater surface, thermograms were recorded. It was found that the temperature field is uniformly distributed on the heater surface and is stabilized at a certain time after achieving a thermal balance with the environment. From the data obtained, it can be concluded that the heating element connected to an alternating current network with a voltage of 220 V is efficient.

Keywords: self-regulating heater, nanomodified composite, silicone rubber, multilayered carbon nanotubes, electrical conductivity

Для цитирования

Ягубов В.С., Щегольков А.В. Саморегулируемый электронагреватель на основе эластомера, модифицированный многослойными углеродными нанотрубками // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 341–345. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-341-345

For citation

Yagubov V.S., Shchegolkov A.V. Self-regulating electric heater based on elastomer, modified with multilayer carbon nanotubes. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 341–345. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-341-345

Введение

Технологии электронагрева широко распространены в различных сферах промышленности. Этому способствовала надежность и возможность регулирования тепловыделений в широком диапазоне мощностей. В качестве объектов электронагрева могут выступать различные трубопроводы, стационарные футеровки, мини-реакторы и различное оборудование, которое предполагает наличие местного обогрева в определенном температурном режиме. В этом отношении особую важность приобретают новые технологии получения электронагревателей. Развитие технологий получения электронагревателей базируется на применении электропроводящих полимеров, которые имеют устойчивое тепловыделение при определенном уровне питающего напряжения. В работе [1] представлен саморегулируемый нагреватель, для изготовления которого используют резистивную углеродную пасту. Авторы отмечают, что к преимуществам разработанного нагревателя можно отнести способность к саморегулированию, низкое питающее напряжение и температура в диапазоне 30–60 °С. В то же время нагреватель получается с небольшим значением мощности.

В качестве электропроводящей фазы в матрицу полимера вводят различные порошки металлов [2]. В работе [3] ученые исследуют чернила наполненные электропроводящим наполнителем, который представляет собой частицы, состоящие из медного ядра и серебряной оболочки. Кроме металлов, используют такие структуры, как углеродная сажа [4], оксид графита, однослойные углеродные нанотрубки [5] и др. Электропроводящие полимеры широко используются в качестве материалов для экранирования электронагревателей, 3D печати [6–9] и др.

Цель работы – изготовление наномодифицированного композита для нагревательного элемента.

Задачами работы являются: исследование характеристик модификаторов для наномодифицированных нагревателей; подбор модификатора, который лучшим образом распределяется в силиконовой матрице; обеспечение возможности работы готового нагревательного элемента в сетях с переменным напряжением 220 В, а также демонстрация равномерного распределения температурных полей на его поверхности.

Материалы и методы

В качестве основы нагревательных элементов использовали эластомер – силиконовый каучук (Шеньян, Китай), поставляемый в виде

гранул размером 1–2 мм. Для придания электропроводящих свойств в силиконе диспергировали 6 видов многослойных углеродных нанотрубок (МУНТ) «Таунит-М» (ТМ), (Тамбов, Россия), синтезированных при разных условиях и имеющих различные характеристики (таблица 1). Удельную поверхность и насыпную плотность данных материалов определяли с помощью анализатора удельной поверхности «Сорбтометр-М» (Новосибирск, Россия) и прибора для определения физико-механических характеристик сыпучих материалов «BT-1000» от фирмы «Bettersize Instruments Ltd.» (Китай). Изготовление композиционных материалов производили смешиванием в узком зазоре на универсальном смесителе типа BRABENDER. Образцы получали с помощью прессования на «ИП-100М АВТО» (Армавир, Россия) в специальных пуансонах. В качестве токоподводящих электродов использовали алюминиевую фольгу толщиной 100 мкм, выпускаемую ООО «Уральская фольга» (Михайловск, Россия). Питающее напряжение к образцам нагревательных элементов подвели с помощью лабораторного автотрансформатора «Ресанта ЛАТР ТДGC2–1» (Москва, Россия). Удельное объемное сопротивление измеряли с помощью тераомметра «Е6–13А», к которому подключена лабораторная установка. Для измерения температуры нагревательного элемента использовали термопару (ХК), подключенную к двухканальному измерителю – регулятору «2ТРМ1». Подготовку электропроводящих компонентов производили с помощью многофункциональной мельницы «WF-20В». При проведении исследований распределения температурных полей использовали тепловизор «Testo 871-1».

Методика подготовки электропроводящего компонента

На первой стадии МУНТ подвергали механической обработке в многофункциональном смесителе при частоте вращения рабочих лопастей 25 000 об/мин в течение 10 мин. После этого материал помещали в печь, разогретую до 110 °С для удаления влаги, на 12 ч.

Методика приготовления силиконовых нагревателей с электропроводящим компонентом

Силиконовый каучук помещали в смеситель и пластифицировали при 80 °С в течение 30 мин. Затем засыпали определенное количество электропроводящего компонента и продолжали перемешивание при тех же условиях в течение 1 ч. Полученные композиты формовали прессованием при 100 °С в специальных пуансонах.

Перед прессованием в пуансоны закладывали алюминиевую фольгу для образования на поверхностях нагревателя электроподводящих контактов. В итоге получили 24 образца, содержащих 2,8; 3,0; 3,2 мас.% электропроводящего наполнителя. Готовый наномодифицированный нагревательный элемент представлен на рисунке 1.

Методика измерения удельного объемного сопротивления силиконовых нагревателей

Измерение удельного объемного сопротивления композитов производили с помощью лабораторной установки (рисунок 2). Лабораторная установка включает в себя: основание 1, на котором смонтирована платформа 2 с помощью шпилек. На платформу установлен нижний измерительный электрод 3, который изготовлен из резинового основания 4 и контактной площадки 5 из фольгированного текстолита в форме окружности диаметром 25 мм. На нижний измерительный электрод устанавливается идентичный верхний измерительный электрод 6, сверху которого закреплена пластина 7, соединенная с платформой для грузов 8. Это необходимо для обеспечения лучшего контакта между поверхностями исследуемого образца и поверхностями измерительных электродов. Для обоих измерительных электродов установлена связь с измерительным устройством (тераомметром).

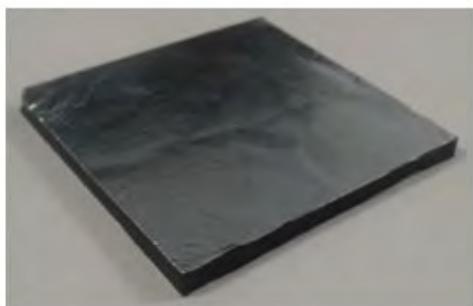


Рисунок 1. Образец полимера, модифицированного МУНТ (ТМП)

Figure 1. A polymer sample, modifying MWNT (TMP)

Для измерения сопротивления образец закладывали между измерительными электродами (позиция 9). На платформу устанавливали груз массой 200 г. Измерительную установку подключали к тераомметру и фиксировали значения. После чего все данные были пересчитаны по формуле (1):

$$\rho_v = R \cdot \frac{S}{n}, \quad (1)$$

где ρ_v – удельное объемное сопротивление, Ом·см; R – измеренное сопротивление, Ом; S – площадь

поперечного сечения измерительного электрода, см²; n – толщина образца, см.

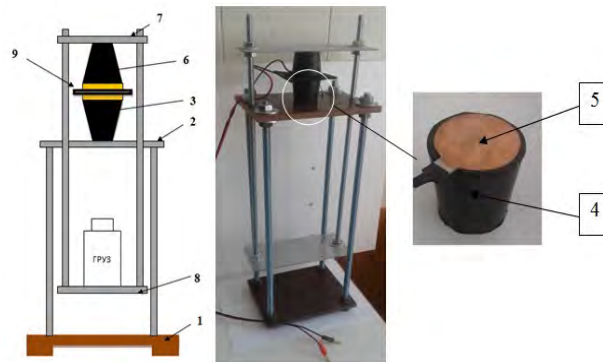


Рисунок 2. Лабораторная установка для измерения удельного объемного сопротивления

Figure 2. Installation for measuring the specific volume resistance

Методика исследований на элемент однородности распределения углеродного наноматериала в полимерной матрице с различными видами ТМ

Полученные образцы саморегулируемых нагревателей (ТМП), наполненные различными видами ТМ, делили на четыре одинаковых квадрата с размерами: 50×50×3 мм (рисунок 3).

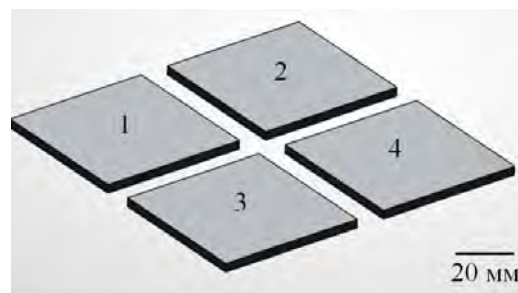


Рисунок 3. Образцы для исследования однородности распределения ТМ в полимерной матрице по четырем точкам

Figure 3. Samples for the study of the homogeneity of the distribution of MWNTs in a polymer matrix by four points

Об однородности судили по постоянству удельного объемного электрического сопротивления каждого нагревательного элемента [10], измерения которого производили по ранее представленной методике.

Результаты и обсуждение

Результаты исследований по измерению удельной поверхности и насыпной плотности наноматериалов представлены в таблице 1.

В таблице 2 приведены результаты исследования при содержании 2,8 мас.% наполнителя.

Таблица 1.

Удельная поверхность и насыпная плотность ТМ

Table 1.

Specific surface and bulk density of TM

№	Вид МУНТ Type of MWNT	Удельная поверхность, м ² /г Specific surface area, m ² /g	Насыпная плотность, кг/м ³ Bulk density, kg/m ³
1	TM1 TM1	233,8	32,0
2	TM2 TM2	374,5	47,4
3	TM3 TM3	328,1	31,5
4	TM4 TM4	355,2	46,1
5	TM5 TM5	541,5	48,9
6	TM6 TM6	202,3	42,6

Таблица 2.

Удельное объемное сопротивление модифицированного полимера в разных областях измерения с различным типом ТМ

Table 2.

Specific volumetric resistance of the modified polymer in different measurement areas with different types of TM

№	Тип модифицированного полимера Type of modified polymer	Удельное объемное сопротивление, Ω·см Specific volume resistance, Ω·cm			
		Точка измерения Measuring point			
		1	2	3	4
1	ТМП1 TMP1	1·10 ⁶	6,3·10 ⁵	1,67·10 ⁶	5,02·10 ⁵
2	ТМП2 TMP2	> 4,19·10 ¹⁵			
3	ТМП3 TMP3	9,6·10 ⁵	1,1·10 ⁶	4,2·10 ⁵	3,8·10 ⁶
4	ТМП4 TMP4	> 4,19·10 ¹⁵			
5	ТМП5 TMP5	5·10 ⁷	4,2·10 ⁷	3,4·10 ⁷	2,1·10 ⁷
6	ТМП6 TMP1	4,2·10 ⁵	3,8·10 ⁵	3,8·10 ⁵	3,8·10 ⁵

Полимер ТМП6, модифицированный ТМ6, обладает меньшим удельным сопротивлением ($3,8 \cdot 10^5$ Ω·см). Модификатор ТМ6 с удельной поверхностью 202,3 м²/г, которая является меньшей по сравнению с остальными типами МУНТ, и насыпной плотностью 42,6 кг/м³ позволяет получить стабильные электропроводящие сети в полимерной матрице. Это, в свою очередь, позволяет получать стабильные результаты, которые следуют из измерений удельного сопротивления образцов.

На рисунке 4 представлена термограмма нагревательного элемента, подключенного к сети переменного тока с номинальным напряжением 220 В.

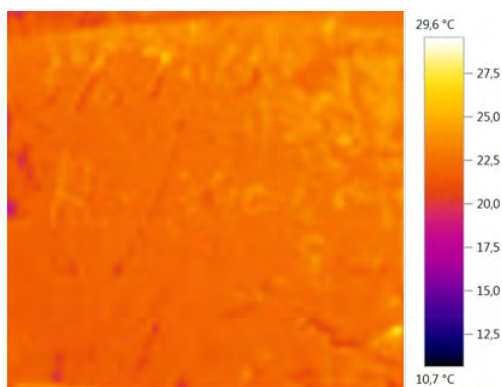


Рисунок 4. Термограмма нагревательного элемента
Figure 4. Thermogram of the heating element

Полученные нагревательные элементы имеют незначительные отклонения друг от друга по электропроводности, а соответственно углеродный наноматериал равномерно распределен в силиконовой матрице. Особенно это заметно на нагревательном элементе на основе модифицированного полимера ТМП6 с используемым в качестве наполнителя модификатора ТМ6.

Следует заметить, исходя из данных по удельному объемному сопротивлению нагревателей (таблица 2), что использование модификаторов ТМ2 и ТМ4 приведет к повышению концентрации наполнителя, что, возможно, приведет к проблемам их диспергирования.

Заключение

Разработана методика изготовления нагревательных элементов на основе силиконового каучука, наполненного различными типами «Таунит-М». Проведены измерения удельного объемного сопротивления данных композитов, в результате которых выбран модификатор ТМ6 для дальнейшего изготовления нагревателей. Исследована поверхность нагревателя, подключенного к сети переменного тока с напряжением 220 В, на элемент равномерности его разогрева по всей площади поверхности.

Использование таких типов нагревателей позволит обеспечить равномерный разогрев обогреваемых поверхностей агрегатов или отдельных узлов технологического оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Wyzkiewicz I. et al. Self-regulating heater for microfluidic reactors // *Sensor Actuat B-Chem.* 2014. № 1 P. 893–896. doi: 10.1007/s11483-007-9043-6
- 2 Luo J. et al. Electrically conductive adhesives based on thermoplastic polyurethane filled with silver flakes and carbon nanotubes // *Composites Science and Technology.* 2016. № 129. P. 191–197. doi: 10.1016/j.compscitech.2016.04.026
- 3 Pajor-Swierzy A., Farraj Y., Kamysny A., Magdassi S. Effect of carboxylic acids on conductivity of metallic films formed by inks based on copper@silver core-shell particles // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects.* 2017. № 522. P. 320–327. doi: 10.1016/j.colsurfa.2017.03.019
- 4 Лебедев С.М., Гефле О.С., Амитов Е.Т. Механические и реологические свойства новых электропроводящих полимерных материалов // *Материалы и технологии новых поколений в современном материаловедении: сборник трудов Международной конференции с элементами научной школы для молодежи.* 2015. С. 24–28.
- 5 Ларионов С.А., Деев И.С., Петрова Г.Н., Бейдер Э.Я. Влияние углеродных наполнителей на электрофизические, механические и реологические свойства полиэтилена // *Труды ВИАМ.* 2013. № 9. С. 4.
- 6 Абдуллин М.И., Басыров А.А., Колтаев Н.В. и др. Токопроводящие полимерные композиции для 3D-печати // *Бюллетень науки и практики.* 2016. №4. С. 44–50.
- 7 Дороганов В.А. Перетоккина Н.А., Дороганов Е.А., Евтушенко Е.И. и др. Исследование наномодифицированных вяжущих карбида кремния и композитов на их основе // *Новые огнеупоры.* 2016. №. 9. С. 44–47.
- 8 Чернышов Е.М., Славчева Г.С., Артамонова О.В. К концептуальным моделям управления сопротивлением разрушению наномодифицированных структур конгломератных строительных композитов // *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета.* 2014. №. 3. С. 156–161.
- 9 Смирнов В.А., Королев Е.В., Данилов А.М., Круглова А.Н. Фрактальный анализ микроструктуры наномодифицированного композита // *Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал.* 2011. Т. 3. №. 5. С. 78–86.
- 10 Bhattacharya M. Polymer nanocomposites – a comparison between carbon nanotubes, graphene, and clay as nanofillers // *Materials.* 2016. V. 9. № 4. P. 262.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Виктор С. Ягубов аспирант, инженер, кафедра техники и технологии производства нанопроductов, Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская 106, г. Тамбов, 392000, Россия, vitya-y@mail.ru

Александр В. Щегольков к.т.н., доцент, кафедра техники и технологии производства нанопроductов, Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская 106, г. Тамбов, 392000, Россия, energynano@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Виктор С. Ягубов обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты **Александр В. Щегольков** консультация в ходе исследования, написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 09.08.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.08.2018

REFERENCES

- 1 Wyzkiewicz I. et al. Self-regulating heater for microfluidic reactors. *Sensor Actuat B-Chem.* 2014. no. 1. pp. 893–896. doi: 10.1007/s11483-007-9043-6.
- 2 Luo J. et al. Electrically conductive adhesives based on thermoplastic polyurethane filled with silver flakes and carbon nanotubes. *Composites Science and Technology.* 2016. no. 129. pp. 191–197. doi: 10.1016/j.compscitech.2016.04.026
- 3 Pajor-Swierzy A., Farraj Y., Kamysny A., Magdassi S. Effect of carboxylic acids on conductivity of metallic films formed by inks based on copper@silver core-shell particles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects.* 2017. no. 522. pp. 320–327. doi: 10.1016/j.colsurfa.2017.03.019
- 4 Lebedev S.M., Gefle O.S., Amitov E.T. Mechanical and rheological properties of new electrically conductive polymer materials. *Materialy i tekhnologii novykh pokolenij v sovremenno materialovedenii [Materials and technologies of new generations in modern materials science: a collection of proceedings of the international conference with elements of a scientific school for youth].* 2015. pp. 24–28. (in Russian)
- 5 Larionov S.A., Deev I.S., Petrova G.N., Beyder E.Ya. Influence of carbon fillers on the electrophysical, mechanical and rheological properties of polyethylene. *Trudy VIAM [Proceedings of VIAM].* 2013. no 9. pp. 4. (in Russian)
- 6 Abdullin M.I., Basyrov A.A., Koltaev N.V. et al. Current-conducting polymer compositions for 3D printing. *Byulleten' nauki i praktiki [Bulletin of Science and Practice].* 2016. no 4. pp. 44–50. (in Russian)
- 7 Doroganov V.A. Peretokina N.A., Doroganov E.A., Evtushenko E.I. et al. Investigation of nanomodified silicon carbide binders and composites based on them. *Novye ognepory [New refractories].* 2016. no. 9. pp. 44–47. (in Russian)
- 8 Chemyshev E.M., Slavcheva G.S., Artamonova O.V. On conceptual models for controlling the fracture resistance of nano-modified structures of conglomerate building composites. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta [News of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering].* 2014. no. 3. pp. 156–161. (in Russian)
- 9 Smirnov V.A., Korolev E.V., Danilov A.M., Kruglova A.N. Fractal analysis of the nanomodified composite microstructure. *Nanotekhnologii v stroitel'stve: nauchnyj internet-zhurnal [Nanotechnologies in construction: a scientific Internet-journal].* 2011. vol. 3. no. 5. pp. 78–86. (in Russian)
- 10 Bhattacharya M. Polymer nanocomposites – a comparison between carbon nanotubes, graphene, and clay as nanofillers. *Materials.* 2016. vol. 9. no. 4. pp. 262.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Viktor S. Yagubov graduate student, engineer, department of technology and technology of production of nanoproducts, Tambov State Technical University, Sovetskaya street 106, Tambov, 392000, Russia, vitya-y@mail.ru

Alexander V. Shchegolkov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, department of technology and technology of production of nanoproducts, Tambov State Technical University, Sovetskaya street 106, Tambov, 392000, Russia, energynano@yandex.ru

CONTRIBUTION

Viktor S. Yagubov review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Alexander V. Shchegolkov consultation during the study, wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 8.9.2018

ACCEPTED 8.20.2018

Исследование производственных загрязнений спецодежды на объектах нефтяной отрасли

Ирина В. Черунова	¹	i_sch@mail.ru
Елена В. Яковлева	¹	yakovlevaev54@mail.ru
Екатерина Б. Стефанова	¹	o.stefanova2012@yandex.ru
Ирина В. Куренова	¹	smolli6519@mail.ru

¹ Донской государственный технический университет, Шевченко, 147, г. Шахты, 346500, Россия

Реферат. В статье представлены результаты исследования системы взаимодействия поверхности защитной одежды с загрязняющими компонентами производственных объектов нефтяной и нефтеперерабатывающей отрасли. Обоснован вектор развития сегмента спецодежды для нефтезащиты. Обоснованы агрессивные компоненты производственной среды нефтяного сектора экономики по отношению к защитным функциям специальной одежды. Нефть и продукты нефти приводят к изменению свойств текстильных материалов, которые зависят от концентрации агрессивных компонент в структуре текстильных материалов. Представлены результаты исследования взаимодействия нефтепродуктов с текстильной композицией тканой структуры с защитными свойствами. На основе исследования 50 костюмов, прошедших эксплуатационный цикл 1 сезона установлены зональные ограничения участков поверхности одежды неравномерной защиты. Установлены зоны одежды, которые приводят к рискам защитного эффекта оболочки. С применением метода определения олеофобного эффекта представлены результаты экспериментальных исследований концентрации нефтепродуктов в текстильных материалах после химической очистки на основе метода газовой капиллярной хроматографии. Выявлено, что основной компонент с высоким уровнем концентрации загрязняющих веществ – углеводороды от C14H30 Tetradecane до C36H74 Hexatriacontane. Установлены средние значения концентрации углеводородов на очищенных образцах для основных участков поверхности одежды. С применением методов акустической эмиссии экспериментально установлен уровень контактной активности проницаемости жидкой фазы сырой нефти в структуру тканого текстиля на границе сред. Экспериментально оценено влияние такого насыщения нефтяными фракциями тканей защитной одежды на её прочность. На основе экспериментальных данных выявлены химические композиции активных фаз, составляющих контактные материалы производственных загрязнений на объектах нефтепереработки. Разработаны рекомендации по совершенствованию системы индивидуальной защиты с учетом химически агрессивных компонент при взаимодействии человека с загрязняющей средой.

Ключевые слова: Защитные свойства, текстиль, нефтяные загрязнения, химический анализ, химическая чистка

Investigation of industrial contamination of protective clothing at oil industry sector

Irina V. Cherunova	¹	i_sch@mail.ru
Elena V. Yakovleva	¹	yakovlevaev54@mail.ru
Ekaterina B. Stefanova	¹	o.stefanova2012@yandex.ru
Irina V. Kurenova	¹	smolli6519@mail.ru

¹ Don State Technical University, Shevchenko, 147, Shakhty, 346500, Russia

Summary. The article presents the research results of the interaction of the protective clothes surface with polluting components of production facilities of the oil and oil refining industry. The development direction of an oil-resistant clothing segment is proved. The aggressive components of the production environment of the oil sector are substantiated with respect to the protective functions of special clothes. Oil and petroleum products lead to a change in the properties of textile materials. This depends on the concentration of aggressive components in the structure of textile materials. The research results of the interaction of petroleum products with a textile composition of a woven structure with protective properties are presented. Based on the study of 50 suits that have passed the operational cycle of one season, restrictions are established on the areas of the clothing surface of uneven protection. Clothing zones risk-affected loss of protective effect is established. The results of experimental studies of the concentration of petroleum products in textile materials after chemical purification based on the method of gas capillary chromatography are presented. It was found that the main component with a high concentration of pollutants is hydrocarbons from C14H30 Tetradecane to C36H74 Hexatriacontane. The average values of the concentration of hydrocarbons on the purified samples for the main parts of the clothing surface were established. Using the methods of acoustic emission, the experimental level of contact activity of the permeability of the liquid phase of crude oil in the structure of woven textiles at the boundary of media is established. The effect of the saturation of protective clothing by the petroleum fractions on its strength has been experimentally evaluated. The chemical compositions of the active phases were identified on the basis of experimental data. This is the contact materials of industrial pollution at oil refining facilities. Recommendations have been developed to improve the system of individual protection of man during interaction with a polluting environment taking into account chemically aggressive components.

Keywords: Protective properties, textiles, oil pollution, chemical analysis, dry cleaning

Для цитирования

Черунова И.В., Яковлева Е.В., Стефанова Е.Б., Куренова И.В. Исследование производственных загрязнений спецодежды на объектах нефтяной отрасли // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 346–351. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-346-351

For citation

Cherunova I.V., Yakovleva E.V., Stefanova E.B., Kurenova I.V. Investigation of industrial contamination of protective clothing at oil industry sector. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 346–1. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-346-351

Введение

Нефтедобыча относится к одной из основных отраслей народного хозяйства. Добычу нефти в России осуществляют более 240 нефтедобывающих организаций. Объем инвестиций

в нефтедобывающую промышленность занимает первое место среди остальных отраслей топливно-энергетического комплекса (ТЭК) (таблица 1).

Таблица 1.

Оценка Минэкономики России потребности ТЭК в инвестициях за счет всех источников финансирования, млрд долл. [1]

Table 1.

Estimate of Ministry of Economy of the Russian Federation needs Fuel and Energy Complex in investments at the expense of all sources of financing, billions of dollars [1]

Отрасли ТЭК Branches of the fuel and energy complex	1999 г.	2000 г.	2000– 2005 гг.	2006– 2010 гг.	2011– 2015 гг.	Всего за последние 5 лет In the last 5 years
Нефтедобывающая промышленность Oil-producing industry	1,8	2,2	15,0	27,0	40,0	82,0
Нефтеперерабатывающая промышленность Oil refining industry	0,2	0,2	1,5	2,5	2,8	6,8
Транспорт нефти и нефтепродуктов Transportation of oil and oil products	0,2	0,6	3,5	4,0	5,0	12,5
Газовая промышленность Gas industry	2,5	4,4	17,0	21,5	29,0	67,5
Угольная промышленность Coal industry	0,2	0,2	1,1	2,1	2,6	5,8
Электроэнергетика, в том числе Power engineering, including	1,2	1,1	6,6	11,7	21,9	49,2
– традиционная traditional	1,1	1,0	4,7	8,8	13,5	27,0
– атомная atomic	0,1	0,1	1,9	2,9	8,4	13,2
ИТОГО ТЭК TOTAL TEK	6,1	8,7	44,7	68,8	101,3	214,8

За последние три года добыча и экспорт нефти выросли более чем на 20%. К 2030 году только в Восточной Сибири она будет составлять 14% общей добычи в РФ. В настоящее время Россия добывает более 450 млн т нефти в год. Добыча нефти ведется не только наземным способом, но и на платформах, расположенных в море. На условия труда работников нефтегазовой промышленности большое влияние оказывают негативные условия окружающей среды (ветер, дождь, пониженные температуры и т. д.) и продукты производства (сырая нефть и нефтепродукты, горючие газы, пары или пыль), находящиеся в воздушной среде. Аналогичному воздействию подвергаются костюмы рабочих спасательных подразделений и МЧС при ликвидации последствий аварийных разливов нефти.

Установлено [2], что в условиях нефтедобычи основной вредный для человека фактор среды – это нефть и ее производные, которые в сочетании с природной температурой и составом газов приводят к повышенным рискам нарушения комплексной защиты, гигиенических параметров пододежного пространства и даже воспламенения.

Исследовав влияние внешних факторов на спецодежду при нефтедобыче установили, что именно проникновение нефти и её фракций приводит к изменениям свойств материалов и одежды из них. Это происходит в процессе эксплуатации. Однако пакет одежды должен сохранять свои защитные свойства в течение длительного времени, предусмотренного нормами выдачи защитной одежды [3].

Цель работы – исследование и выявление эффектов воздействия на поверхность защитной одежды жидких материалов, содержащих нефть и нефтепродукты, определяющих качество защиты и комфорта человека на производстве.

С этой целью поставлены следующие задачи:

– оценить химический состав активной композиции загрязняющей среды, проявляющейся при контактном взаимодействии жидких загрязнений со структурой текстиля спецодежды с учетом химической чистки;

– выявить влияние воздействия нефти на механическую устойчивость материалов защитной одежды к разрывным нагрузкам.

Материалы и методы

Степень прочности соединения поверхности текстильных материалов с загрязняющими фракциями нефтесодержащих соединений зависит от волокнистого состава тканей и их структуры. Плотность материалов и параметры шероховатости внешнего слоя во многом определяют подверженность тканей загрязнению.

Для спецодежды на объектах нефтепереработки используются смесовые материалы, имеющие в составе хлопок и лавсан.

Однако сырая нефть и её производные продукты могут проникать в волокнистую структуру тканей. Это объясняется их свойствами – летучестью и малым поверхностным натяжением [4]. При этом они могут не только приводить к загрязнению внешней поверхности одежды, но и проникать в пододежное пространство, а также попадать на кожу человека, меняя при этом общий уровень защитных свойств [3].

С целью исследования состава загрязняющей жидкой фракции, подвергающейся химической очистке при уходе за защитной одеждой, был применён метод определения олеофобного эффекта (маслостойкости) тканей [5]. Он заключается в визуальном определении маслостойкости ткани при нанесении на неё минерального (вазелинового) масла и н-гептана (C_7H_{16}) в различных соотношениях. В результате было установлено, что ткани «Indura», «Antistat», «Премьер-Комфорт 250А», «Indura-235», «Indura-325» обладают высокой маслостойкостью (100/110 ед.), ткани «Грета-М» и «Премьер-Стандарт 210» обладают хорошей маслостойкостью (80/90 ед.), полотно «Мастер-Люкс СА27» – низкой (50/60 ед.).

Для установления участков поверхности спецодежды, наиболее подверженной загрязнению нефтепродуктами и нефтяными фракциями, были проведены исследования образцов одежды, прошедших цикловое эксплуатационное изнашивание в течение 1 сезона эксплуатации на объектах нефтяной отрасли, в количестве 50 ед.

Результаты и обсуждение

По результатам исследований выявлено распределение устойчивости поверхности защитной одежды к загрязнению нефтью по топографическим участкам (зонам). В соответствии с проведенным анализом эргономических особенностей непосредственных работ человека в зоне повышенного риска контакта с нефтью нами было установлено, что распространение нефти за пределы защитных накладок превышает

нормы защищенной площади по ГОСТу [6]. На рисунке 1 представлена усреднённая схема топографии зон неустойчивой защиты для куртки и брюк.

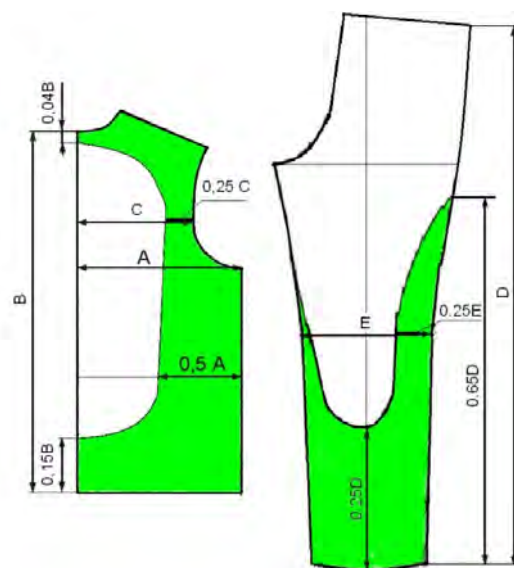


Рисунок 1. Схема топографии зон неустойчивой защиты мужского костюма (а – спинка, б – задняя половинка брюк)

Figure 1. Scheme of the topography of zones of unstable protection of a man's suit (a – back, б – back half of the trousers)

Из рисунка 1 видно, что существуют участки, которые можно обозначить как зоны неустойчивой защиты костюма (выделены цветом), площадь поверхности которых составила на куртке – 42,2% от поверхности спинки, на брюках – 38,9% поверхности задних половинок брюк. Здесь попадание нефти внутрь структуры пакета материалов приводит к изменению исходных физико-механических, теплоизоляционных и других характеристик материалов и пакетов из них, что требует их рационального формирования в пакет дополнительного изучения материалов.

Для продления срока службы спецодежды и сохранения защитных и гигиенических свойств применяется химическая чистка [7].

В процессе определения качественного и количественного состава загрязнений одежды специального назначения были исследованы образцы внешних тканей защитной одежды, перечисленные выше, полученные из различных участков загрязненного комбинезона.

Размеры исследуемых образцов составили 50 x 50 мм. Образцы обработаны экстрактом с долей содержания 2 мл хлороформа. Полученные хлороформенные экстракты были подвергнуты исследованию методом газовой

капиллярной хроматографии [8] с масселективным детектированием. Для экспериментальных исследований использовали хроматограф «Agilent Technologies 7820A» (рисунок 2) и детектор «Agilent Technologies 5975».



Рисунок 2. Экспериментальное оборудование (хроматограф «Agilent Technologies 7820A») [9]

Figure 2. Experimental equipment (chromatograph «Agilent Technologies 7820A»)

Регистрация данных и дальнейшая обработка хроматограмм выполнена в условиях химической станции Enhanced ChemStation G17001 DA Version D.01.02 Agilent Technologies. Результаты оценки образцов с трех участков загрязнения поверхности спецодежды [10] представлены на рисунках 3–5.

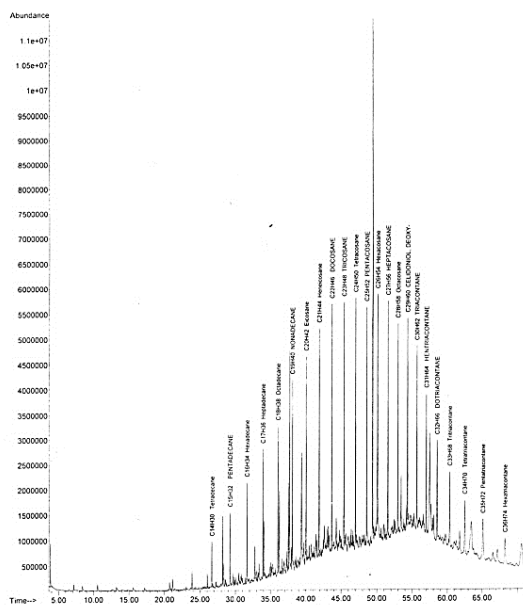


Рисунок 3. Хроматограмма ткани смешанной для спецодежды после производственных загрязнений на нефтеперерабатывающем заводе (проба – участок 1)

Figure 3. Chromatogram of fabric mixed for protective clothing after industrial contamination at the oil refinery (sample – site 1)

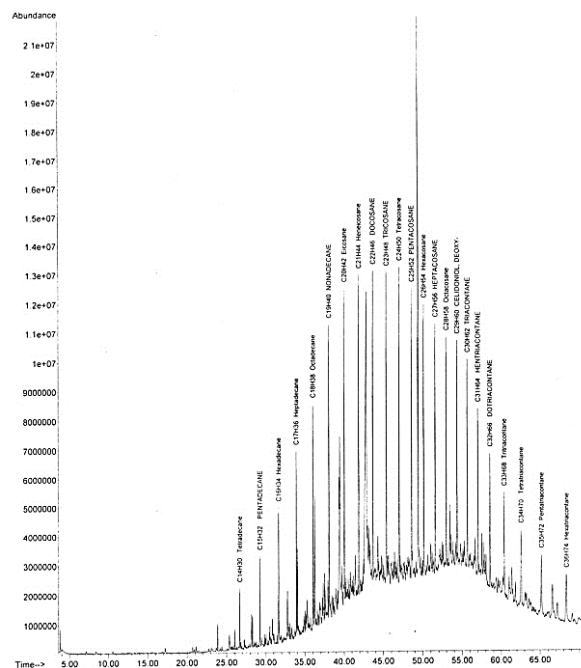


Рисунок 4. Хроматограмма ткани смешанной для спецодежды после производственных загрязнений на нефтеперерабатывающем заводе (проба – участок 2)

Figure 4. Chromatogram of fabric mixed for protective clothing after industrial contamination at the oil refinery (sample – site 2)

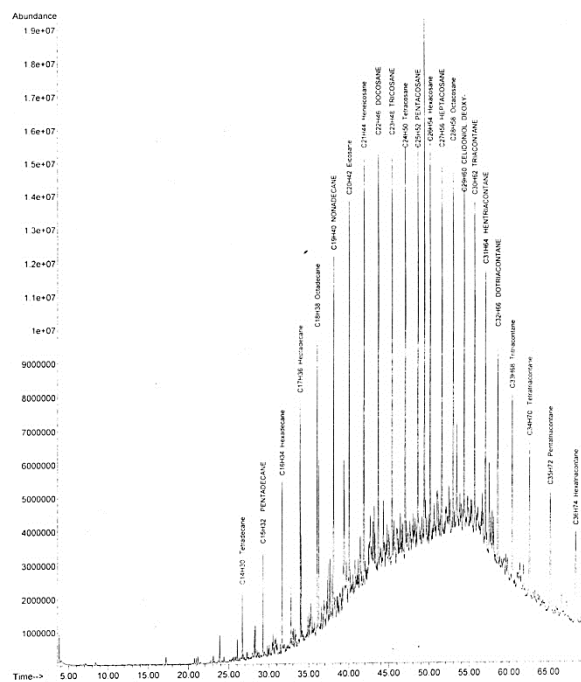


Рисунок 5. Хроматограмма ткани смешанной для спецодежды после производственных загрязнений на нефтеперерабатывающем заводе (проба – участок 3)

Figure 5. Chromatogram of fabric mixed for protective clothing after industrial contamination at the oil refinery (sample – site 3)

Для участков загрязнений задней части брюк на уровне колена, нижней части куртки и рукава на уровне локтя при оценке состава и активности загрязняющей композиции (доли оставшегося состава после химической чистки) углеводороды были объединены в блоки исходя из физических свойств. Концентрация нефтепродуктов в исходных загрязненных образцах была взята за 100% для расчета концентрации в очищенных образцах. После этого исследуемые материалы были подвержены стандартной технологии химической очистки [6] и повторно исследованы методом хроматографии.

Из полученных результатов обработки хроматограмм установлено, что основной компонент производственных загрязнений предприятий нефтяной отрасли – углеводороды от $C_{14}H_{30}$ Tetradecane до $C_{36}H_{74}$ Hexatriacontane, которые присутствуют на одежде с высоким уровнем содержания.

Для блока углеводородов $C_{14}H_{30}$ – $C_{16}H_{34}$ средние концентрации углеводородов на образцах

после химической чистки для всех участков защитной одежды составили от 1,8 до 10,6%, для блока $C_{17}H_{36}$ – $C_{25}H_{52}$ – от 3,28 до 14,7%, для $C_{26}H_{54}$ – $C_{32}H_{66}$ – от 0,96 до 7,55%, для $C_{33}H_{68}$ – $C_{36}H_{74}$ – от 0,45 до 2,25%.

Заключение

Полученные данные, приведенные к системе распределения загрязняющих поверхностей, позволили установить, что накопление остаточных загрязнений, не исключенных из структуры материала средствами химической очистки, формируется блоком предельных углеводородов ($C_{17}H_{36}$ – $C_{25}H_{52}$), максимально проявляющихся на участках поверхности рукавов в области локтя.

Результаты исследований позволяют сформировать блок важных корректировок в формировании состава и схемы локализации поверхностных материалов защитной одежды на предприятиях нефтяного сектора экономики.

ЛИТЕРАТУРА

1 Чернышев М.В., Чернышева Г.М. Исследование свойств тканей для спецодежды работников нефтеперерабатывающих заводов // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2016. Т. 3. С. 6–10. URL: <http://e-koncept.ru/2016/56013.htm>

2 Косарев В.В., Бабанов С.А. Профессиональные болезни: руководство для врачей. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 424 с.

3 Cherunova I.V., Kolesnik S.A., Kurenova S.V., Eremina Y.V. et al. Study of the structural and acoustic properties of clothing materials for thermal protection of human International // Journal of Applied Engineering Research. 2015. V. 10. № 19. P.40506–40512.

4 Хорошко С.И. Нефти северных регионов. Справочник. Новополоцк: Полоцкий государственный университет, 2014. 126 с.

5 Морозов А.В. Современные технологические ресурсы формирования гидрофобных свойств текстильных материалов // Международный студенческий научный вестник. 2018. № 5.

6 ГОСТ Р 51108 – 2016. Услуги бытовые. Химическая чистка. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2016. 16 с.

7 ГОСТ Р 12.4.290–2013. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная для защиты работающих от воздействия нефти, нефтепродуктов. Технические требования. М.: Стандартинформ, 2014. 16 с.

8 Orynassarov Y.K., Serikbayeva A.D., Ordabayeva S.K. High-performance liquid chromatography for the determination of clozapine in urine // Bulletin of the Kazakh National Medical University. 2014. №5. P. 148–151.

9 Газовый хроматограф Agilent 7820A: Оборудование для лабораторий и наукоёмких технологий. URL:

10 Cherunova I.V., Kolesnik S.A., Kurenova S.V., Eremina Y.V. et al. Study of the structural and acoustic properties of clothing materials for thermal protection of human International // Journal of Applied Engineering Research. 2015. V. 10. № 19. P.40506–40512.

1 Chernyshev M.V., Chernysheva G.M. Investigation of tissue properties for overalls of workers of oil refineries. *Nauchno-metodicheskij ehlektronnyj zhurnal «Koncept»* [Scientific and methodological electronic journal «Concept»]. 2016. vol. 3. pp. 6–10. Available at: <http://e-koncept.ru/2016/56013.htm> (in Russian)

2 Kosarev V.V., Babanov S.A. Professional'nye bolezni: rukovodstvo dlya vrachej [Professional diseases: a guide for doctors]. Moscow, BINOM. Laboratory of Knowledge, 2015. 424 p. (in Russian)

3 Cherunova I.V., Kolesnik S.A., Kurenova S.V., Eremina Y.V. et al. Study of the structural and acoustic properties of clothing materials for thermal protection of human International. Journal of Applied Engineering Research. 2015. vol. 10. no. 19. pp.40506–40512.

4 Horoshko S.I. Nefti severnyh regionov [The oil of the northern regions]. Novopolotsk, Polotsk State University, 2014. 126 p. (in Russian)

5 Morozov A.V. Modern technological resources for the formation of the hydrophobic properties of textile materials. *Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik* [International Student Science Journal]. 2018. no. 5. (in Russian)

6 GOST R 51108 – 2016. Uslugi bytovye. Himicheskaya chistka. Obshchie tekhnicheskie usloviya [State Standard 51108 – 2016. Household services. Dry cleaning. General specifications]. Moscow, Standartinform, 2016. 16 p. (in Russian)

7 GOST R 12.4.290–2013. Sistema standartov bezopasnosti truda (SSBT). Odezhda special'naya dlya zashchity rabotayushchih ot vozdejstviya nefti, nefteproduktov. Tekhnicheskie trebovaniya [State Standard 12.4.290–2013. Occupational safety standards system (SSBT). Special clothing to protect workers from oil and oil products. Technical requirements]. Moscow, StandardInform, 2014. 16 p. (in Russian)

8 Orynassarov Y.K., Serikbayeva A.D., Ordabayeva S.K. High-performance liquid chromatography for the determination of clozapine in urine. Bulletin of the Kazakh National Medical University. 2014. no. 5. pp. 148–151.

9 Gazovyy hromatograf Agilent 7820A: Oborudovanie

REFERENCES

dlya laboratorij i naukoj omkih tekhnologij [Gas chromatograph Agilent 7820A: Equipment for laboratories and science-intensive technologies]. Available at:

10 Cherunova I.V., Kolesnik S.A., Kurenova S.V.,

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ирина В. Черунова д.т.н., профессор, кафедра конструирования, технологий и дизайна, Донской государственный технический университет, ул. Шевченко, 147, г. Шахты, 346500, Россия, i_sch@mail.ru

Елена В. Яковлева старший преподаватель, кафедра естественнонаучных дисциплин, Донской государственный технический университет, ул. Шевченко, 147, г. Шахты, 346500, Россия, yakovlevaev54@mail.ru

Екатерина Б. Стефанова аспирант, кафедра конструирования, технологий и дизайна, Донской государственный технический университет, ул. Шевченко, 147, г. Шахты, 346500, Россия, o.stefanova2012@yandex.ru

Ирина В. Куренова инженер, кафедра конструирования, технологий и дизайна, Донской государственный технический университет, ул. Шевченко, 147, г. Шахты, 346500, Россия, smolli6519@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Ирина В. Черунова консультация в ходе исследования

Елена В. Яковлева проведение и обработка экспериментальных исследований

Екатерина Б. Стефанова обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Ирина В. Куренова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 01.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.08.2018

Eremina Y.V. et al. Study of the structural and acoustic properties of clothing materials for thermal protection of human International. Journal of Applied Engineering Research. 2015. vol. 10. no. 19. pp. 40506–40512.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Irina V. Cherunova Dr. Sci. (Engin.), professor, Construction, technologies and design department, Don state technical university, Shevchenko str., 147, Shakhty, 346500, Russia, i_sch@mail.ru

Elena V. Yakovleva senior lecturer, chair «Science », Don state technical university, Shevchenko str., 147, Shakhty, 346500, Russia, yakovlevaev54@mail.ru

Ekaterina B. Stefanova graduate student, Construction, technologies and design department, Don state technical university, Shevchenko str., 147, Shakhty, 346500, Russia, o.stefanova2012@yandex.ru

Irina V. Kurenova engineer, Construction, technologies and design department, Don state technical university, Shevchenko str., 147, Shakhty, 346500, Russia, smolli6519@mail.ru

CONTRIBUTION

Irina V. Cherunova consultation during the study

Elena V. Yakovleva conducting and processing of experimental studies

Ekaterina B. Stefanova review of the literature on an investigated problem

Irina V. Kurenova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.1.2018

ACCEPTED 8.20.2018

Оценка деструкции модифицированного прооксидантами полиэтилена в контексте экобезопасности

Артём В. Протасов	¹	pav-vgta86@mail.ru
Любовь Н. Студеникина	¹	lubov-churkina@yandex.ru
Владимир И. Корчагин	¹	kvi-vgta@rambler.ru
Наталья Г. Ахметова	¹	notik1477@mail.ru
Юлия А. Реброва	¹	iurebrowa@yandex.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. В работе приведены результаты оценки деструкции полиэтилена марки ПВД (ПЭ), модифицированного прооксидантами – карбоксилатами железа, меди и кобальта (в количестве 1,5 масс. %) при ускоренном термическом и ультрафиолетовом старении в течение 192 часов. Оценка деструкции в контексте экобезопасности включала установление степени соответствия исследуемых материалов требованиям ГОСТ 33747-2016 «Оксобioresазлагаемая упаковка», согласно которому критерием эффективности оксобиоразложения полиолефинов может являться снижение прочности и относительного удлинения при разрыве образца при ускоренном старении, а также количественное определение выделения формальдегида при термодеструкции модифицированного прооксидантами ПЭ для сравнения с показателями предельно-допустимой концентрации. В работе изучены реологические показатели материалов и проведена сравнительная оценка снижения вязкости расплава и снижения относительно удлинения при разрыве в динамике ускоренного термического и ультрафиолетового старения модифицированного прооксидантами ПЭ в выбранном временном интервале 192 часа воздействия. Установлено снижение относительного удлинения при разрыве ПЭ, содержащего прооксидант на основе кобальта, на 94% при термическом старении в течении 192 часов, и на 46% – при ультрафиолетовом. Для ПЭ, модифицированного карбоксилатом меди, эти значения составили соответственно 64 и 33%, для ПЭ, модифицированного карбоксилатом железа – 35 и 40% соответственно. Снижение прочности на 95% от первоначального значения за 192 часа воздействия температуры было достигнуто у образца, модифицированного кобальтом, что подтверждает его соответствие ГОСТ 33747-2016. Для остальных образцов степень снижения прочности в выбранном временном интервале не позволяет дать оценку соответствия указанному стандарту. Выделение формальдегида при термическом старении в течение 192 часов на 1 г образца ПЭ, модифицированного карбоксилатом кобальта, составило 0,051 мг/м³, для ПЭ, модифицированного карбоксилатом меди – 0,032 мг/м³, для ПЭ, модифицированного карбоксилатом железа – 0,034 мг/м³. Установлено превышение ПДК формальдегида в воздушной вытяжке ПЭ с карбоксилатом кобальта в 1,2 раза при термическом старении более 96 часов и в 1,5 раза при термическом старении более 192 часов. Зафиксировано снижение вязкости ПЭ, содержащего прооксидант на основе кобальта, на 90% при термическом старении в течении 192 часов, и на 10% – при ультрафиолетовом. Для ПЭ, модифицированного карбоксилатом меди, эти значения составили соответственно 9 и 2%, для ПЭ, модифицированного карбоксилатом железа – 8 и 5 % соответственно.

Ключевые слова: оксоразлагаемый полиэтилен, прооксидант, деструкция, экобезопасность

Assessment of destruction of polyethylene modified with pro-oxidants in the context of environmental safety

Artem V. Protasov	¹	pav-vgta86@mail.ru
Lubov N. Studenikina	¹	lubov-churkina@yandex.ru
Vladimir I. Korchagin	¹	kvi-vgta@rambler.ru
Natalia G. Akhmetova	¹	notik1477@mail.ru
Yulia. A. Rebrova	¹	iurebrowa@yandex.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. The paper presents the results of the evaluation of the destruction of polyethylene LDPE (hereinafter-PE), modified by prooxidants based on iron, copper and cobalt carboxylates (in the amount of 1.5 mass. %) with accelerated thermal and ultraviolet aging for 192 hours. The assessment of degradation in the context of environmental safety included the determination of the degree of compliance of the materials with the requirements of state standard 33747-2016 "Oxo-biodegradable packaging", according to which the criterion of the efficiency of oxobiodegradation polyolefins may be a decrease in strength and elongation at break of the sample at accelerated aging, as well as the quantitative determination of the release of formaldehyde during thermal degradation modified with

Для цитирования

Протасов А.В., Студеникина Л.Н., Корчагин В.И., Ахметова Н.Г., Реброва Ю.А. Оценка деструкции модифицированного прооксидантами полиэтилена в контексте экобезопасности // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 352–357. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-352-357

For citation

Protasov A.V., Studenikina L.N., Korchagin V.I., Akhmetova N.G., Rebrova Yu.A. Assessment of destruction of polyethylene modified with pro-oxidants in the context of environmental safety. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 352–357. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-352-357

prooxidants PE for comparison with the maximum permissible concentration. The rheological parameters of the materials were studied and a comparative assessment of the melt viscosity reduction and reduction with respect to elongation at break in the dynamics of accelerated thermal and UV aging of the PE modified with prooxidants in the selected time interval of 192 hours of exposure was carried out. A decrease in the relative elongation at rupture of PE containing cobalt - based prooxidant by 94% at thermal aging for 192 hours, and by 46% at ultraviolet was established. For PE modified with copper carboxylate, these values were 64 and 33 %, respectively, for PE modified with iron carboxylate – 35% and 40%, respectively. The reduction of strength by 95% of the initial value for 192 hours of temperature exposure was achieved in a sample modified with cobalt, which confirms its compliance with state standard 33747-2016. For other samples, the degree of strength reduction in the selected time interval does not allow to assess compliance with the specified standard. The release of formaldehyde during thermal aging for 192 hours per 1 g of the PE sample modified with cobalt carboxylate was 0.051 mg/m³, for PE modified with copper carboxylate – 0.032 mg/m³, for PE modified with iron carboxylate – 0.034 mg/m³. Installed excessive concentrations of formaldehyde in air hood PH with the carboxylate of cobalt 1.2 times under thermal aging 96 hours and 1.5 times the thermal ageing of a maximum of 192 hours. The reduction of the viscosity of PE containing cobalt – based prooxidant by 90% at thermal aging for 192 hours and by 10% at ultraviolet was recorded. For PE modified with copper carboxylate, these values were 9 and 2 %, respectively, for PE modified with iron carboxylate – 8 and 5%, respectively.

Keywords: oxodegradable polyethylene, the prooxidants, destruction, environmental safety

Введение

Широкое распространение оксоразлагаемых пленок, наблюдаемое в последнее время на рынке упаковочных материалов, требует оценки их соответствия нормативным документам на оксобиоразлагаемую упаковку, а также исследования безопасности для человека и окружающей среды, в частности, изучения динамики образования токсичных продуктов деструкции.

ГОСТ 33474-2016 «Оксобиоразлагаемая упаковка» требует снижения прочности материала до 95% при термической или ультрафиолетовой деструкции в течение 45 сут, при этом материал должен быть безопасен и нетоксичен.

Известно, что модификация полиолефинов солями металлов переменной валентности способствует их ускоренной деградации [1, 2, 3], при этом процесс разложения начинается с окислительной деструкции основной полимерной цепи [4], в результате которой полимер фрагментируется с изменением основных свойств (например, появляется гидрофильность и способность к биodeградации) [5]. Процесс сопровождается выделением газообразных продуктов деструкции, в том числе кетонов, альдегидов и пр. [6, 7].

Поведение полиэтилена (ПЭ), модифицированного прооксидантами на основе карбоксилатов кобальта, меди и железа, на предмет соответствия вышеуказанному стандарту ранее не было подробно описано в литературе и требует дополнительно изучения.

Проведение корреляции между потерей прочности и потерей вязкости оксоразлагаемого полиэтилена также ранее не изучалось и представляет интерес для подтверждения эффективности деструкции.

Изучение токсикологических показателей модифицированного прооксидантами ПЭ необходимо как для установления соответствия

санитарным нормам, так и для выработки рекомендаций по безопасной эксплуатации, например, по ограничению условий хранения в помещениях с повышенной температурой. Данные о количественном выделении токсичных продуктов разложения оксоразлагаемых полиолефинов необходимы для разработки технических решений по их минимизации, например, введение в рецептуру добавок-прооксидантов ингибиторов, антиоксидантов или других функциональных технологических добавок.

Цель работы – определение степени деструкции ПЭ, модифицированного прооксидантами различной природы, по потере показателя относительного удлинения при разрыве и по снижению показателя эффективной вязкости в динамике ускоренного термического и ультрафиолетового старения для оценки соответствия стандартам на экоупаковку; определение токсичности материала по показателю выделения формальдегида.

В задачи исследования входило:

- получение образцов оксоразлагаемого ПЭ, модифицированного прооксидантами – карбоксилатами железа, меди и кобальта;

- изучение динамики деструкции оксоразлагаемого ПЭ по показателю относительного удлинения при разрыве в условиях ускоренного термического и ультрафиолетового старения в течение 192 ч;

- изучение динамики снижения вязкости оксоразлагаемого ПЭ в условиях ускоренного термического и ультрафиолетового старения методом капиллярной вискозиметрии и проведение корреляции полученных значений с показателями прочности;

- количественное определение формальдегида в воздушной вытяжке оксоразлагаемого ПЭ в динамике термодеструкции с оценкой соответствия предельно допустимой концентрации.

Материалы и методы

В опытно-производственных условиях ООО «Векторполимер» были получены 3 образца оксоразлагаемых пленок (рисунок 1) на основе полиэтилена марки ПВД с содержанием добавки-прооксиданта в количестве 1,5 масс. %:

- образец № 1 – оксобиоразлагаемая пленка с карбоксилатом железа,
- образец № 2 – оксобиоразлагаемая пленка с карбоксилатом меди,
- образец № 3 – оксобиоразлагаемая пленка с карбоксилатом кобальта.



Рисунок 1. Образцы оксоразлагаемого ПЭ с содержанием прооксиданта 1,5 масс. %

Figure 1. Samples of polyethylene containing prooxidant 1.5 wt. %

Образцы получали путем прямого смешения в лопастном смесителе гранул ПЭ и порошкообразной добавки-прооксиданта с последующим экструзионно-выдувным формованием пленки.

Определение относительного удлинения при разрыве модифицированного прооксидантами ПЭ в динамике термической и ультрафиолетовой деструкции проводили по ГОСТ 11262-80.

Определение показателей вязкости проводилось методом капиллярной вискозиметрии с помощью реометра «Smart RHEO-1000» с программным обеспечением «CeastVIEW 5.94 4D».

Определение содержания формальдегида в воздушной вытяжке модифицированного ПЭ проводилось в соответствии с ГОСТ 22648-77 «Пластмассы. Методы определения гигиенических показателей».

Ускоренное термическое и ультрафиолетовое старение образцов проводили согласно ГОСТ 33747-2016.

Результаты и обсуждение

В соответствии с ГОСТ 33747-2016 «Оксобиоразлагаемая упаковка» процентное удлинение при растяжении пленки должно быть не более 5% после 45 дней воздействия (т. е. 1000 ч), периодичность контроля: каждые 48 ч для образцов из полиэтилена.

Известно, что модификация полиэтилена металлами переменной валентности в условиях ускоренного термического старения способствует снижению прочностных показателей [8]. В работе [9] описано влияние стеарата и карбоксилата железа на термоокислительную деструкцию полиэтилена, показано увеличение индекса деградации при повышении содержания прооксиданта в полимерной матрице.

В таблице 1 представлена динамика снижения относительного удлинения при разрыве модифицированного прооксидантами ПЭ в динамике термической и ультрафиолетовой деструкции.

Из таблицы 1 видно, что по показателю относительного удлинения при разрыве образец ПЭ, модифицированный карбоксилатом кобальта, показал снижение прочности на 94% за 192 ч воздействия температуры, но при ультрафиолетовом старении этот показатель снизился лишь на 46%. Для образца ПЭ, модифицированного карбоксилатом меди, эти значения составили 64 и 33%, для ПЭ, модифицированного карбоксилатом железа, – 35 и 40% соответственно.

Снижение прочности на 95% от первоначального значения за 192 ч воздействия температуры было достигнуто у образца, модифицированного кобальтом, что подтверждает его соответствие ГОСТ 33747-2016. Для остальных образцов степень снижения прочности в выбранном временном интервале не позволяет дать оценку соответствия указанному стандарту.

Известно, что при деструкции полимеров в особенности оксобиоразлагаемых происходит снижение их молекулярной массы [10], что влияет на реологические показатели материала, в частности, на эффективную вязкость.

На рисунке 2, 3 показана динамика снижения эффективной вязкости модифицированного прооксидантами ПЭ в условиях ускоренного термического и ультрафиолетового старения в течение 192 ч.

Таблица 1

Показатели относительного удлинения при разрыве модифицированного прооксидантами полиэтилена в динамике термической и ультрафиолетовой деструкции

Table 1.

Indicators of relative elongation at break of polyethylene modified by prooxidants in the dynamics of thermal and ultraviolet degradation

Условия деструкции Conditions of destruction	Время воздействия, ч Exposure time, hours'	Среднее значение по 5 опытным образцам Average value for 5 prototypes			
		ПЭ +карбоксилат кобальта PE +a carboxylate cobalt's	ПЭ +карбоксилат меди PE +a carboxylate coppers	ПЭ +карбоксилат железа PE +a carboxylate gland	ПЭ без прооксиданта PE without of prooxidants
Термическое старение Thermal ageing	0	255	252	248	256
	48	252	259	272	266
	96	195	275	256	254
	144	114	225	211	231
	192	15	90	160	222
Ультрафиолетовое старение UV aging	0	242	239	245	260
	48	246	263	275	270
	96	251	258	250	275
	144	165	195	213	258
	192	130	160	146	241

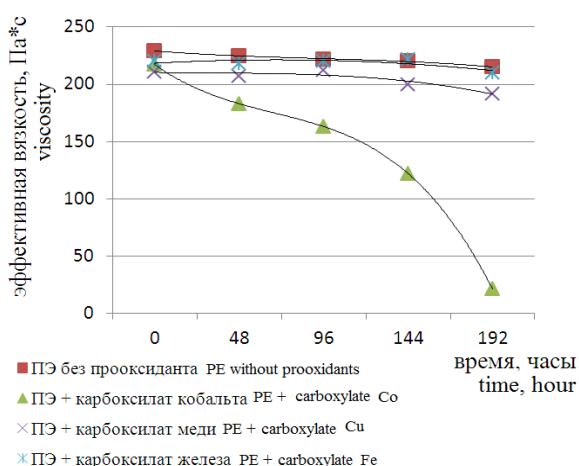


Рисунок 2. Динамика снижения эффективной вязкости модифицированного прооксидантами ПЭ при ускоренном термическом старении

Figure 2. The decrease of the effective viscosity of polyethylene with Pro-oxidants during accelerated thermal aging

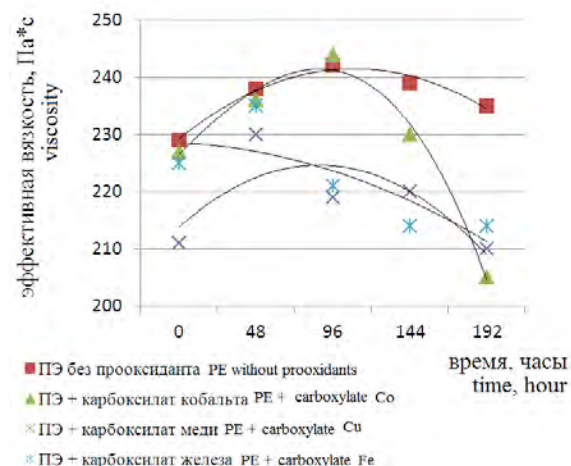


Рисунок 3. Динамика снижения эффективной вязкости модифицированного прооксидантами ПЭ при ускоренном ультрафиолетовом старении

Figure 3. The decrease of the effective viscosity of polyethylene with Pro-oxidants during accelerated UV aging

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что при термической и ультрафиолетовой деструкции полиэтилена, модифицированного карбоксилатами кобальта, меди и железа, наблюдаются различные механизмы разложения: при термодеградациии прослеживается плавное снижение вязкости, а при ультрафиолетовой-деградации сначала наблюдается повышение вязкости, что, видимо, связано с перегруппировкой боковых звеньев полимерной цепи, и только после 96 ч воздействия происходит ее снижение.

Поведение материала в условиях ускоренного термического старения при температуре 60 °C имитирует его размещение на полигонах ТБО, а также в помещениях с повышенной температурой, что позволяет провести оценку степени выделения токсичных продуктов деструкции в производственных условиях или в условиях окружающей среды.

В таблице 2 показаны результаты определения содержания формальдегида в воздушной вытяжке модифицированного различными прооксидантами ПЭ в динамике ускоренной термодеструкции.

Таблица 2.

Концентрация формальдегида, мкг/м³, в воздушной вытяжке модифицированного прооксидантами ПЭ в динамике термического старения

Table 2.

Concentration of formaldehyde, µg/m³, in air extract of polyethylene with Pro-oxidants in the dynamics of thermal aging

Прооксидант The prooxidants	Время действия температуры, ч The duration of the temperature, hours'				
	0	48	96	144	192
Без прооксиданта Without prooxidant	0	1	4	7	10
Карбоксилат железа The gland carboxylate	5	5	18	25	34
Карбоксилат меди The carboxylate of copper	3	6	20	23	32
Карбоксилат кобальта The carboxylate of cobalt	15	29	42	48	51

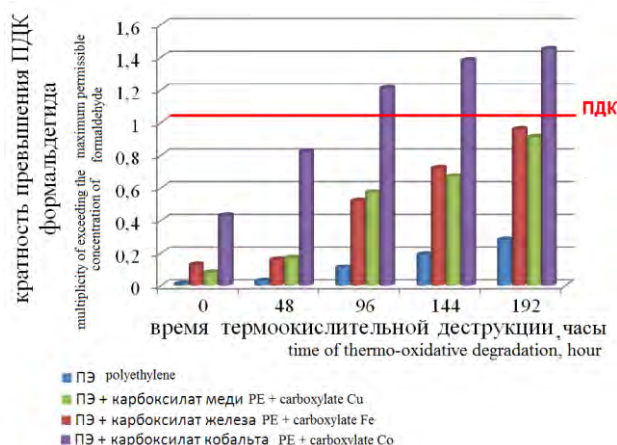


Рисунок 4. Кратность превышения ПДК формальдегида в воздушной вытяжке модифицированного ПЭ в динамике термодеструкции

Figure 4. The multiplicity of excess of maximum permissible concentration of formaldehyde in air extract of polyethylene with Pro-oxidants in the dynamics of thermal aging

Кратность превышения предельно-допустимой концентрации (ПДК) формальдегида в воздушной вытяжке модифицированного ПЭ в зависимости от природы прооксиданта и времени термоокислительной деструкции визуализирована в виде диаграммы на рисунке 4,

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Nikolic M., Gauthier E., George K., Cash G. et al. Antagonism between transition metal pro-oxidants in polyethylene films // Polymer Degradation and Stability. 2012. V. 97. № 7. P. 1178–1188.
- 2 Корчагин В.И., Протасов А.В., Мельнова М.С., Жан С.Л. и др. Морфология импортных добавок, используемых при получении оксобиоразлагаемых полиолефинов // Вестник ВГУИТ. 2017. № 1. С. 227–231. doi:10.20914/2310-1202-2017-1-227-231
- 3 Fontanella S., Bonhomme S., Koutny M., Husarov L. et al. Comparison of the biodegradability of various polyethylene films containing pro-oxidant additives // Polymer Degradation and Stability. 2010. V. 95. № 6. P. 1011–1021.
- 4 Reddy M. Oxo-biodegradation of Polyethylene. 2008. 183 p.

из которой видно, что ПДК формальдегида в воздушной вытяжке ПЭ с карбоксилатом кобальта превышена в 1,2 раза при термическом старении более 96 ч и в 1,5 раза – при термическом старении более 192 ч.

Заключение

За 192 ч термического старения подтверждено соответствие ГОСТ 33747–2016 оксоразлагаемого ПЭ, модифицированного прооксидантом на основе кобальта.

Снижение вязкости при деструкции ПЭ с прооксидантами после 96 ч ускоренного старения коррелируется с показателями относительного удлинения при разрыве.

Выделение формальдегида из ПЭ с карбоксилатом кобальта при термодеструкции более 96 ч превышает ПДК.

На основании полученных данных могут быть даны рекомендации по условиям хранения оксидируемых полиэтиленовых пленок, а именно: хранение в герметичной упаковке без доступа кислорода воздуха и света при температуре не более 20 °С, запрет на хранение в местах возможного повышения температуры окружающей среды до температуры начала деструкции (50 °С), например, вблизи отопительных приборов, в салоне автомобиля в летнее время и т. д.

- 5 Mantiaa F.P., Morrealeb M., Bottaa L., Mistrettaa M.C. et al. Degradation of polymer blends: A brief review // Polymer Degradation and Stability. 2017. V. 145. P. 79–92.
- 6 Ammalaa A., Batemana S., Deana K., Petinakisa E. et al. An over view of degradable and biodegradable polyolefins: Biodegradation of polyethylenefilms with prooxidant additives // Progress in Polymer Science. 2011. V. 36. P. 1015–1049.
- 7 Кучменко Т.А., Корчагин В.И., Дроздова Е.В., Ерофеева Н.В. и др. Оценка степени деструкции пленок из оксобиоразлагаемого полиэтилена под действием УФ-излучения по информации «электронного носа» // Вестник Московского университета. Серия 2: Химия. 2017. Т. 58. № 5. С. 240–249.

8 Andradý A.L., Pegram J.E., Nakatsuka S. Studies on enhanced degradable plastics: 1. The geographic variability in outdoor lifetimes of enhanced photodegradable polyethylenes // Journal of Polymers and the Environment. 1993. V. 1. № 1. P. 31–43.

9 Корчагин В.И., Протасов А.В., Студеникина Л.Н., Жан С.Л. и др. Прогнозирование параметров переработки вторичного полиэтилена с карбоксилатами железа при получении добавок прооксидантов // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 1. С. 232–236. doi:10.20914/2310-1202-2017-1-232-236.

10 Карасёва С.Я., Саркисова В.С., Дружинина Ю.А. Химические реакции полимеров: учеб. пособие. Самара: СГТУ, 2012. 125 с.

REFERENCES

1 Nikolic M., Gauthier E., George K., Cash G. et al. Antagonism between transition metal pro-oxidants in polyethylene films. Polymer Degradation and Stability. 2012. vol. 97. no. 7. pp. 1178–1188.

2 Korchagin V.I., Protasov A.V., Mel'nova M.S., Zhan S.L. et al. The morphology of imported additives used in the preparation of oxobiodegradable polyolefins. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2017. no. 1. pp. 227–231. doi:10.20914/2310-1202-2017-1-227-231 (in Russian)

3 Fontanella S., Bonhomme S., Koutny M., Husarov L. et al. Comparison of the biodegradability of various polyethylene films containing pro-oxidant additives. Polymer Degradation and Stability. 2010. vol. 95. no. 6. pp. 1011–1021.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Артём В. Протасов к.т.н., доцент, кафедра промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, pav-vgta86@mail.ru

Любовь Н. Студеникина к.т.н., доцент, кафедра промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, lubov-churkina@yandex.ru

Владимир И. Корчагин д.т.н., зав. кафедрой, кафедра промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kvi-vgta@rambler.ru

Наталья Г. Ахметова магистрант, кафедра промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, notik1477@mail.ru

Юлия А. Реброва магистрант, кафедра промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, iurebrowa@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 01.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 02.04.2018

4 Reddy M. Oxo-biodegradation of Polyethylene. 2008. 183 p.

5 Mantiaa F.P., Morrealeb M., Bottaa L., Mistrettaa M.C. et al. Degradation of polymer blends: A brief review. Polymer Degradation and Stability. 2017. vol. 145. pp. 79–92.

6 Ammalaa A., Batemana S., Deana K., Petinakisa E. et al. An over view of degradable and biodegradable polyolefins: Biodegradation of polyethylenefilms with prooxidant additives. Progress in Polymer Science. 2011. vol. 36. pp. 1015–1049.

7 Kuchmenko T.A., Korchagin V.I., Drozdova E.V., Erofeeva N.V. et al. Evaluation of the degree of destruction of films of oxo-biodegradable polyethylene under the action of UV radiation according to the information of the «electronic nose». Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 2: Himiya [Bulletin of Moscow University. Series 2: Chemistry.]. 2017. vol. 58. no. 5. pp. 240–249. (in Russian)

8 Andradý A.L., Pegram J.E., Nakatsuka S. Studies on enhanced degradable plastics: 1. The geographic variability in outdoor lifetimes of enhanced photodegradable polyethylenes. Journal of Polymers and the Environment. 1993. vol. 1. no. 1. pp. 31–43.

9 Korchagin V.I., Protasov A.V., Studenikina L.N., Zhan S.L. et al. Prediction of processing parameters of recycled polyethylene with iron carboxylates upon receipt of prooxidant additives. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2017. vol. 79. no. 1. pp. 232–236. doi:10.20914/2310-1202-2017-1-232-236 (in Russian)

10 Karasyova S.Ya., Sarkisova V.S., Druzhinina Yu.A. Himicheskie reakci polimerov [Chemical reactions of polymers]. Samara, SSTU. 2012. 125 p. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Artem V. Protasov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, industrial ecology, chemical and petrochemical production equipment department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, pav-vgta86@mail.ru

Lubov N. Studenikina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, industrial ecology, chemical and petrochemical production equipment department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, lubov-churkina@yandex.ru

Vladimir I. Korchagin Dr. Sci. (Chem.), head of department, industrial ecology, chemical and petrochemical production equipment department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kvi-vgta@rambler.ru

Natalia G. Akhmetova master student, industrial ecology, chemical and petrochemical production equipment department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, notik1477@mail.ru

Yulia A. Rebrova master student, industrial ecology, chemical and petrochemical production equipment department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, iurebrowa@yandex.ru

CONTRIBUTION

all authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.1.2018

ACCEPTED 4.2.2018

Исследование качества арктического дизельного топлива привозимого в Республику Саха (Якутия)

Елизавета Л. Иовлева¹ Elizaveta-iovleva@yandex.ru

¹ Северо-Восточный федеральный университет, ул. Белинского, 58, г. Якутск, 677000, Россия

Реферат. Показаны результаты экспериментальных исследований качества арктического дизельного топлива, взятых с различных автозаправочных станций Республики Саха (Якутия). Исследованы основные эксплуатационные характеристики арктического дизельного топлива. Работы были выполнены в лаборатории кафедры «Общая, аналитическая и физическая химия». Взятые дизельные топлива по географическому положению разделены на 3 части: центральная, северная и заречье. Из каждого района взяты по 3 образца арктического дизельного топлива из различных автозаправочных станций. В ходе исследования установлено, что выбранные основные показатели дизельного топлива: плотность, вязкость, фракционный состав, и низкотемпературные характеристики – отличаются от нормативных значений. Наиболее худшие результаты показали образцы дизельного топлива из северной части Республики Саха (Якутия). Образцы арктического дизельного топлива взятых с центральной части и заречья, в целом отвечает стандартам качества ГОСТ 305-82, однако по низкотемпературным характеристикам, не отвечают стандарту.

Ключевые слова: Арктическое дизельное топливо, низкотемпературные свойства, плотность, вязкость, температура застывания, температура помутнения, предельная температура фильтруемости

Investigation of the quality of Arctic diesel fuel imported to the Republic of Sakha (Yakutia)

Elizaveta L. Iovleva¹ Elizaveta-iovleva@yandex.ru

¹ North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Belinskogo Av., 58 Yakutsk, 677000, Russia

Summary. The results of experimental studies of the quality of Arctic diesel fuel taken from various gas stations of the Republic of Sakha (Yakutia) are shown. The main operational characteristics of Arctic diesel fuel are investigated. The work was carried out in the laboratory of the department "General, analytical and physical chemistry". Taken diesel fuel by geographic location is divided into 3 parts: central, northern and district. From each region, 3 samples of Arctic diesel fuel were taken from various gas stations. The study found that the selected main indicators of diesel fuel: density, viscosity, fractional composition and low-temperature characteristics – differ from the normative values. The worst results were shown by diesel fuel samples from the northern part of the Republic of Sakha (Yakutia). Samples of arctic diesel fuel taken from the central part and district, generally meet the quality standards of GOST 305-82, but for low-temperature characteristics, do not meet the standard.

Keywords: Arctic diesel fuel, low-temperature characteristics, density, viscosity, cetane number, pour point, cloud point, filterability limit temperature

Введение

Республика Саха (Якутия) характеризуется труднодоступностью и удаленностью населенных пунктов от центров муниципальных районов. По официальным данным, в настоящее время таких пунктов здесь насчитывается 297. Природно-климатические условия на большей части территории Якутии суровые и даже экстремальные.

Основные жизненно важные товары – продовольствие и нефтепродукты до труднодоступных пунктов доставляют по зимникам так называемым «северным завозом».

Развитие транспортной и энергетической отрасли Республики Саха связано с возрастающим использованием дизельной техники.

Основной проблемой «северного завоза» наземным путем и надежной эксплуатации дизельных электростанций является качество

используемого топлива. Это связано с трудностями запуска дизельных двигателей при низких температурах окружающей среды. Климатические условия республики обуславливают большую потребность в высококачественных низкотемпературных дизельных топливах.

Одним из путей решения этой проблемы является мониторинг качества арктических дизельных топлив привозимых в Республику Саха.

Материалы и методы

Образцы арктического дизельного топлива были представлены из различных автозаправочных станций центральной, северной и заречной части. Все образцы разделены на три группы, в каждой группе были взяты по 3 образца арктического дизельного топлива. I центральная группа районов (ЦГР),

Для цитирования

Иовлева Е.Л. Исследование качества арктического дизельного топлива привозимого в Республику Саха (Якутия) // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 358–361. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-358-361

For citation

Iovleva E.L. Investigation of the quality of Arctic diesel fuel imported to the Republic of Sakha (Yakutia). *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 358–361. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-358-361

II северная группа районов (СГР), III заречная группа районов (ЗР). Дизельные топлива взяты у 3 крупных поставщиков моторных топлив: ОАО «Якутская топливно-энергетическая компания» (топливо № 1 у всех районов), ОАО «Саханефтегазсбыт» (топливо № 2 у всех районов), ОАО «Туймада-нефть» (топливо № 3 для всех районов). Итого 9 образцов топлива: топливо № 1 ЦГР, топливо № 2 ЦГР, топливо № 3 ЦГР, топливо № 1 СГР, топливо № 2 СГР, топливо № 3 СГР, топливо № 1 ЗР, топливо № 2 ЗР, топливо № 3 ЗР.

Для экспериментального исследования были выбраны следующие основные показатели качества (ГОСТ 305-82): плотность, вязкость, фракционный состав, цетановое число, низкотемпературные характеристики (температура помутнения, застывания, предельная температура фильтруемости).

Программа исследований предполагала изучение методики по определению эксплуатационных свойств арктического дизельного топлива.

Для решения поставленных задач предусматриваются экспериментальные исследования по следующим стандартным направлениям: ГОСТ Р 51096-97 «Нефть и нефтепродукты. Метод определения плотности, относительной плотности и плотности в градусах API ареометром»; ГОСТ 33-2000 «Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости»; ГОСТ 2177-99 «Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава нефтепродуктов»; ГОСТ Р 52709-2007 «Топлива дизельные. Определение цетанового числа»; ГОСТ 20287-91 «Нефтепродукты. Методы определения температуры текучести и застывания»; ГОСТ 5066-91 «Топлива моторные. Методы определения температуры помутнения, начала кристаллизации»; ГОСТ 22254-92 «Топливо дизельное. Метод определения предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре».

Результаты и обсуждение

Результаты исследования представлены в виде гистограмм распределения значений показателей качества.

Плотность у представленных образцов дизельного топлива не одинакова. По плотности топлива можно судить о преобладании различных (ароматических, парафиновых и нафтеновых) групп углеводородов. Например, самой меньшей плотностью обладают парафиновые углеводороды, больше, чем парафиновые, обладают ароматические углеводороды. А нафтеновые занимают промежуточное положение. Дизельное топливо при впрыске дозируется насосом по объему. Следовательно, с повышением плотности топлива подача его увеличивается

и рабочая смесь обогащается [1]. Плотность дизельных топлив для быстроходных дизелей при 20 °С лежит в пределах 820–840 кг/м³. Исследования показали, что большинство представленных образцов арктического дизельного топлива имеют плотность, близкую к 820 кг/м³. Эти результаты вполне отвечают требованиям ГОСТа. Однако образцы топлива № 1 ЦГР, № 1 СВР и № 3 СВР обладают самой большой плотностью, и лежат в интервале от 830 до 840 кг/м³. Это означает, что топливо содержит в себе много парафиновых углеводородов (рисунок 1.).

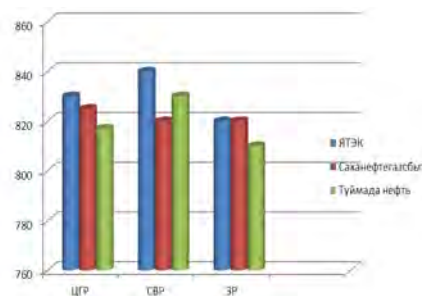


Рисунок 1. Распределение плотности при 20 °С

Figure 1. Density distribution at 20 °C

Вязкость – показатель прокачиваемости топлива [1]. При слишком высокой вязкости снижается степень распыления, но и снижение вязкости приводит к увеличению износа топливopовода. У представленных образцов дизельного топлива вязкость лежит в интервале от 1,6 до 2,9 мм²/с (сСт), что отвечает требованиям ГОСТ 305-82 (рисунок 2).

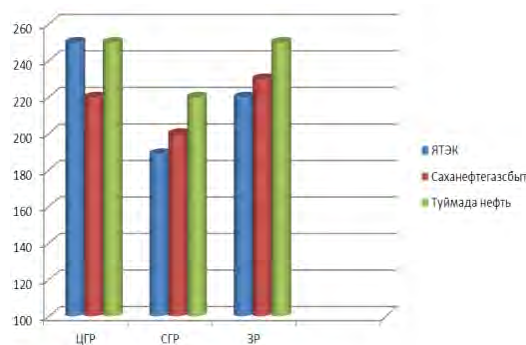


Рисунок 2. Распределение значений кинематической вязкости при 20 °С мм²/с (сСт)

Figure 2. The distribution of values of kinematic viscosity at 20 °C mm²/s (cSt)

Фракционный состав дизельного топлива оказывает большое влияние на скорость его испарения и образования смеси с воздухом после впрыска. Однако облегчение фракционного состава ухудшает воспламенительные свойства дизельного топлива [2].

По ГОСТу оптимальная перегонка 50% объема топлива должна испариться при температуре не выше 255 °С. У образцов арктического дизельного топлива, представленных на исследование, значение отвечает требованиям ГОСТ, однако у образца № 1 СГР слишком облегченный состав. Это свидетельствует о том, что возможно дизельное топливо было смешано с бензиновыми фракциями. (рисунок 3). Интервал испарения 96% объема топлива лежит от 280 до 330 °С (рисунок 4), что соответствует ГОСТ.

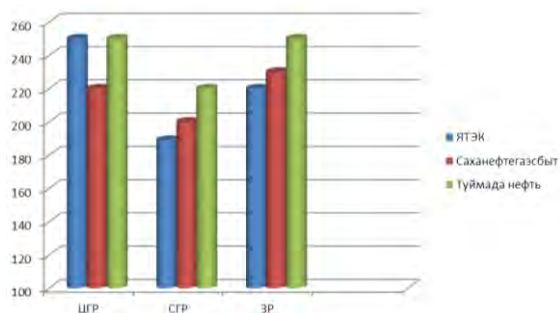


Рисунок 3. Распределение значений фракционного состава 50% разгонки

Figure 3. Distribution of values of fractional composition of 50% of acceleration

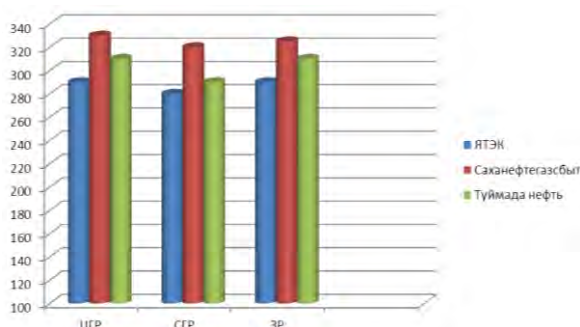


Рисунок 4. Распределений значений фракционного состава 96%

Figure 4. Distributions of values of the fractional composition 96%

ГОСТ 305-82 регламентирует только одну температуру (температуру застывания) из низкотемпературных свойств.

Температура застывания, определенная по стандартной методике, считается весьма приближенным показателем и не соответствует температуре потери подвижности нефтепродукта в условиях практического применения. Однако эта методика является простой и применяется для контроля качества нефтепродуктов. Застывание нефтепродукта связано с наличием в нем твердой фазы (выкристаллизовавшихся при низких температурах твердых углеводородов) [3]. Из исследуемых образцов арктического дизельного

топлива наименьшей температурой застывания обладает топливо № 1 СГР, а наибольшей – № 2 ЦГР, № 2 СГР (рисунок 5)

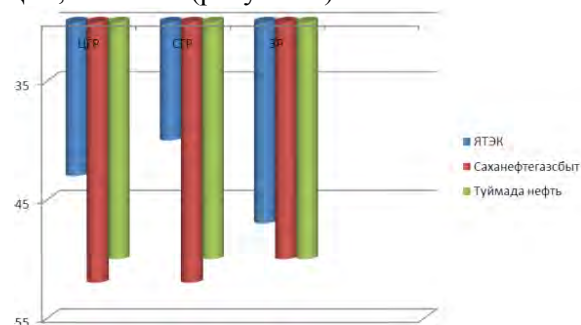


Рисунок 5. Распределение значений температуры застывания, °С

Figure 5. The distribution of values of the freezing temperature, °С

Температуры помутнения и начала кристаллизации характеризуют содержание в топливе воды и парафина: чем ниже температура помутнения топлива, тем меньше в нем содержится растворенной воды и парафина [4]. Интервал температуры помутнения у исследуемых образцов лежит от -28 (наименьшая у образца № 1 ЦГР) до -32 °С (наибольшая у образцов № 2 ЦГР и № 3 ЦГР) (рисунок 6).

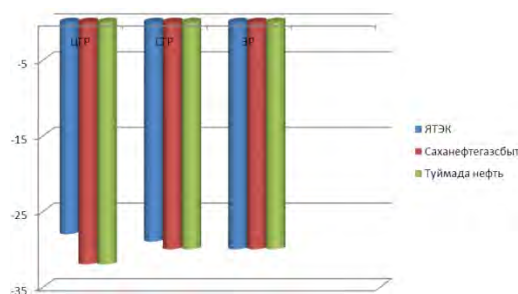


Рисунок 6. Распределение значений температуры помутнения, °С

Figure 6. The distribution of values of cloud temperature, °С

Предельная температура фильтруемости (ПТФ) – это характеристика топлива, указывающая на максимально низкую температуру, при которой оно еще способно проходить через фильтр или полностью теряет эту способность (или же 20 см³ фильтруются дольше мин) [5]. Максимальная ПТФ по результатам исследования оказалась у образца № 2 СГР (- °С), а минимальная ПТФ у образца № 1 СГР (-36 °С).

Заключение

Результаты исследований показали, что:

- наибольшей плотностью обладает топливо № 1 СГР, а наименьшей – топливо № 3 ЗР;
- наибольшей вязкостью обладает топливо № 2 СГР, а наименьшей – № 2 СГР;

- наибольшей испаряемостью обладает топливо № 1 СГР;
- самая низкая температура застывания у топлив № 2 ЦГР и № 2 СВР, равная -52 °С;
- самая низкая температура помутнения у топлив № 2 ЦГР и № 3 ЦГР, равная -32 °С;

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Носова Е.В., Сапрыгина В.Н. Экспериментальное исследование качества дизельного топлива // Вестник ИрГТУ. 2011. № 6(53). С. 69–72.
- 2 Белянин Б.В., Эрих В.Н. Технический анализ нефтепродуктов и газа. Ленинград: Химия, 1975. 336 с.
- 3 Ахметов С.А. Глубокая переработка нефти. Уфа, 2002. 453 с.
- 4 Дехтерман А.Ш. Переработка нефти по топливному варианту. Москва: Химия, 1988. 96 с.
- 5 Мусина Г.Ш., Линькова Т.С., Хабибрахманова О.В. Разработка высокотехнологичного производства высокооктановых компонентов моторного топлива из возобновляемого растительного сырья // Вестник ВГУИТ. 2018. №2. С. 264-269. doi: 10.20914/2310-1202-2018-2-264-269
- 6 Brando L., Suarez P. Determination of the alternative butanol/gasoline and butanol/diesel fuel blends heats of combustion by a heat-loss compensated semi-microcalorimeter // Journal of thermal analysis and calorimetry. 2018. V. 132. № 3. P. 1953-1960.
- 7 Soldi R.A., Oliveira A.R.S., Barbosa R.V., Cesar-Oliveira V.A.F. Polymethacrylates: Pour point depressants in diesel oil // European Polymer Journal. 2007. V. 43. № 8. P. 3671-3678. doi: 10.1016/j.eurpolymj.2006.07.021
- 8 Данилов А.М., Шевченко Е.Б. О производстве дизельных топлив в соответствии с регламентом таможенного союза // Двигателестроение. 2012. № 4. С. 42-44.
- 9 Зинина Н.Д., Тимашова А.Л., Павловская М.В., Гришин Д.Ф. Противоизносная присадка к дизельному топливу с ультранизким содержанием серы // Нефтехимия. 2014. Т. 54. № 5. С. 399.
- 10 Татаров Л.Г., Степанидина О.Н., Тарасов Ю.С. Качество дизельного топлива // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2008. № 1 (6). С. 57-59.
- 11 Иовлева Е.Л., Захарова С.С., Лебедев М.П., Попова Л.И. Перспективы улучшения низкотемпературных характеристик фракций дизельного топлива // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2013. Т. 2. № 2 (71). С. 116-120.
- 12 Ишков А.М., Иовлева Е.Л. Влияние качества топлива на надежность дизельных двигателей в условиях севера // Наука и образование. 2015. № 1 (77). С. 65-70.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Елизавета Л. Иовлева к.т.н., доцент, кафедра машиноведения автомобильного факультета, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, ул. Белинского 58, г. Якутск, 677000, Россия, Elizaveta-iovleva@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Елизавета Л. Иовлева полностью подготовила рукопись и несет ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 20.06.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 03.08.2018

- Самая низкая ПТФ у топлива № 1 СГР, равная -36 °С.

Мониторинг качества показал, что привозимое арктическое дизельное топливо не обладает высоким качеством, регламентируемым государственными стандартами.

REFERENCES

- 1 Nosova E.V., Saprygina V.N. Experimental study of the quality of diesel fuel. *Vestnik IrGTU* [Vestnik IrSTU]. 2011. no. 6 (53). pp. 69–72. (in Russian)
- 2 Belyanin B.V., Erich V.N. Tekhnicheskij analiz nefteproduktov i gaza [Technical analysis of oil products and gas]. Leningrad, Chemistry, 1975. 336 p. (in Russian)
- 3 Akhmetov SA Deep processing of oil. Ufa, 2002. 453 p. (in Russian)
- 4 Dehterman A. Sh. Oil refining in the fuel variant Moscow: Chemistry, 1988. 96 p. (in Russian)
- 5 Musina G.S., Linkova T.S., Khabibrakhmanov O.V. Development of high-tech production of high-octane components of motor fuel from renewable vegetable raw materials. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. no. 2. pp. 264-269. doi: 10.20914/2310-1202-2018-2-264-269 (in Russian)
- 6 Brando L., Suarez P. Determination of the alternative butanol/gasoline and butanol/diesel fuel blends heats of combustion by a heat-loss compensated semi-microcalorimeter. *Journal of thermal analysis and calorimetry*. 2018. vol. 132. no. 3. pp. 1953-1960.
- 7 Soldi R.A., Oliveira A.R.S., Barbosa R.V., Cesar-Oliveira V.A.F. Polymethacrylates: Pour point depressants in diesel oil. *European Polymer Journal*. 2007. vol. 43. no. 8. pp. 3671-3678. doi: 10.1016/j.eurpolymj.2006.07.021
- 8 Danilov A.M., Shevchenko E.B. On the production of diesel fuels in accordance with the regulations of the Customs Union. *Dvigatelsestroenie* [Engine building]. 2012. no. 4. pp. 42-44. (in Russian)
- 9 Zinina N.D., Timashova A.L., Pavlovskaya M.V., Grishin D.F. Antiwear additive for diesel fuel with ultra low sulfur content. *Neftekhimiya* [Petrochemistry]. 2014. vol. 54. no. 5. pp. 399. (in Russian)
- 10 Tatarov L.G., Stepanidina O.N., Tarasov Yu.S. Diesel quality. *Vestnik Ulyanovskoj gosudarstvennoj sel'skhozvaystvennoj akademii* [Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy]. 2008. no. 1 (6). pp. 57-59. (in Russian)
- 11 Iovleva E.L., Zaharova S.S., Lebedev M.P., Popova L.I. Prospects for improving the low-temperature characteristics of diesel fuel fractions. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Saratov State Technical University]. 2013. vol. 2. no. 2 (71). pp. 116-120. (in Russian)
- 12 Ishkov A.M., Iovleva E.L. The effect of fuel quality on the reliability of diesel engines in the north. *Nauka i obrazovanie* [Science and education]. 2015. no. 1 (77). pp. 65-70. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Elizaveta L. Iovleva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Mechanical Engineering department, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Belinskogo Av., 58 Yakutsk, 677000, Russia, Elizaveta-iovleva@yandex.ru

CONTRIBUTION

Elizaveta L. Iovleva fully prepared the manuscript and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The author declares no conflict of interest.

RECEIVED 6.20.2018

ACCEPTED 8.3.2018

Синтез прооксидантов на основе отходов масложирового производства с использованием ультразвуковой технологии

Наталья В. Ерофеева¹ VGTA.Erofeeva@yandex.ru
Владимир И. Корчагин¹ kvi-vgta@rambler.ru
Артем В. Протасов² pav-vgta86@mail.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

² ООО «Вектор Полимир», ул. Кольцовская, 46а, офис 106, г. Воронеж, 394030, Россия

Реферат. Использование смеси жирных кислот (ЖК) без разделения при синтезе прооксидантов (ПО), представляющих собой соли металлов переменной валентности, позволяет реализовать эффективную утилизацию отходов со стадии рафинации растительных масел. Использование смеси ЖК при синтезе ПО обосновано схожестью ИК-спектров смеси ЖК и стеариновой кислоты (СК). Синтез ПО осуществляли по способу, включающему омыление смеси ЖК соединениями натрия с последующим взаимодействием с соединениями двух и трехвалентного железа. Применение ультразвукового воздействия высокой интенсивности 150÷200 Вт/дм³ при синтезе в расплаве способствует интенсификации процесса и обеспечивает проведение стадии омыления при температуре 150÷170 °С, а стадии синтеза ПО при температуре порядка 110 °С с выходом свыше 99,0% масс. при общей продолжительности менее 20 мин. Использование высокоэффективного ультразвукового воздействия при синтезе КЖ снижает выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу через неплотности реактора, т.к. при синтезе стеарата железа (СЖ) отмечено уменьшение выбросов ЗВ в атмосферу более, чем в 13 раз, а при синтезе КЖ только в 5,5 раз, что обусловлено наличием низкокипящих ЖК, в том числе непредельных в смеси.

Ключевые слова: карбоксилаты железа, прооксиданты, оксидируемый полиэтилен, жирные кислоты, выход продукта, синтез, ультразвуковое воздействие

Synthesis of Pro-oxidants based on waste oil and fat production

Natalia V. Erofeeva¹ VGTA.Erofeeva@yandex.ru
Vladimir I. Korchagin¹ kvi-vgta@rambler.ru
Artem V. Protasov² pav-vgta86@mail.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia

² Vector Polimir, Koltsovskaya str., 46a, Voronezh, 394030, Russia

Summary. The use of a mixture of fatty acids (LC) without separation in the synthesis of Pro-oxidants (PO), which are salts of metals of variable valence, allows for the effective utilization of waste from the stage of refining vegetable oils. The use of the LC mixture in the synthesis of SOFTWARE is justified by the similarity of the IR spectra of the mixture of LC and stearic acid (SC). SOFTWARE synthesis was carried out by a method including saponification of the mixture with sodium compounds, followed by interaction with compounds of two and trivalent iron. The use of ultrasound exposure to high-intensity 150÷200 W/dm³ in the synthesis in the melt promotes the intensification of the process and ensures the implementation stage of the saponification at a temperature of 150÷170 °C, and the stage of synthesis at a temperature of about 110 °C with the release of more than 99,0% of the mass. with a total duration less than 20 min. Using highly efficient ultrasonic treatment during the synthesis of QOL reduces emissions of polluting substances (pollutants) into the atmosphere through leakage of the reactor, because in the synthesis of iron stearate (FW) observed decrease in emissions of SV into the atmosphere more than 13 times, and in the synthesis of QL only 5.5 times, due to the presence of low-boiling LC, including unsaturated in the mixture.

Keywords: iron carboxylates, prooxidants, oxo biodegradable polyethylene, fatty acids, product yield, synthesis, ultrasonic influence

Введение

Анализ литературных источников [1–4] показал, что карбоксилаты металлов переменной валентности являются эффективными прооксидантами (ПО) синтетических полимеров.

Цель работы – получение полимерных пленок, способных к ускоренному разрушению (окислению) под воздействием природных факторов, что позволит снизить негативное влияние на окружающую среду полимерных отходов. С этой целью в последнее время чаще

применяют биodeградируемые полипропиленовые пленки с добавкой стеарата железа (СЖ) [5].

Следует отметить, что железо является микроэлементом, содержащимся в почве и водных природных объектах. В связи с этим железо является приоритетным соединением при получении ПО, т. к. содержание его в оксобиоразлагаемом полиэтилене (ОБПЭ) ограничено. Промышленный синтез карбоксилатов металлов переменной валентности осуществляют с применением нефтехимических реагентов,

Для цитирования

Ерофеева Н.В., Корчагин В.И., Протасов А.В. Синтез прооксидантов на основе отходов масложирового производства с использованием ультразвуковой технологии // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 362–367. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-362-367

For citation

Yerofeeva N.V., Korchagin V.I., Protasov A.V. Synthesis of Pro-oxidants based on waste oil and fat production. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 362–367. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-362-367

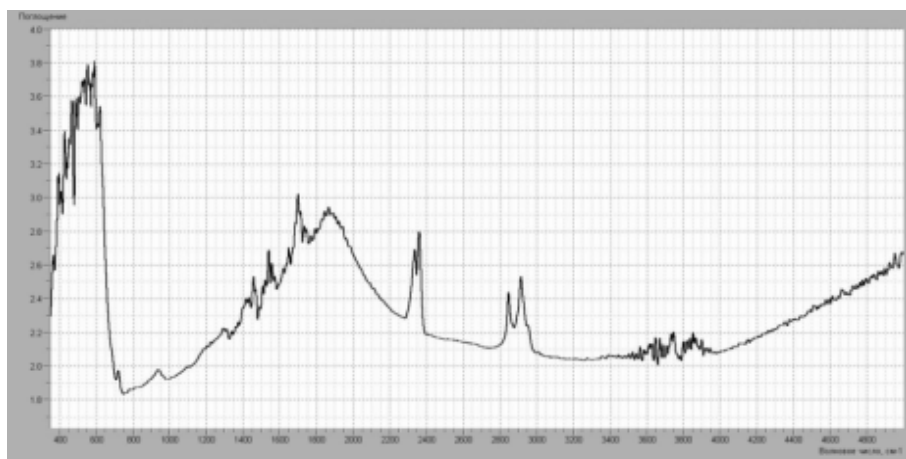
в частности, стеариновой кислоты и минеральных солей.

Ежегодно в России образуется более 150 тыс. т жидких отходов на стадии щелочной рафинации масел в виде мыльного раствора, содержащего омыленные свободные жирные кислоты как, нейтральные жиры и нежировые вещества, являющиеся ценными компонентами [6].

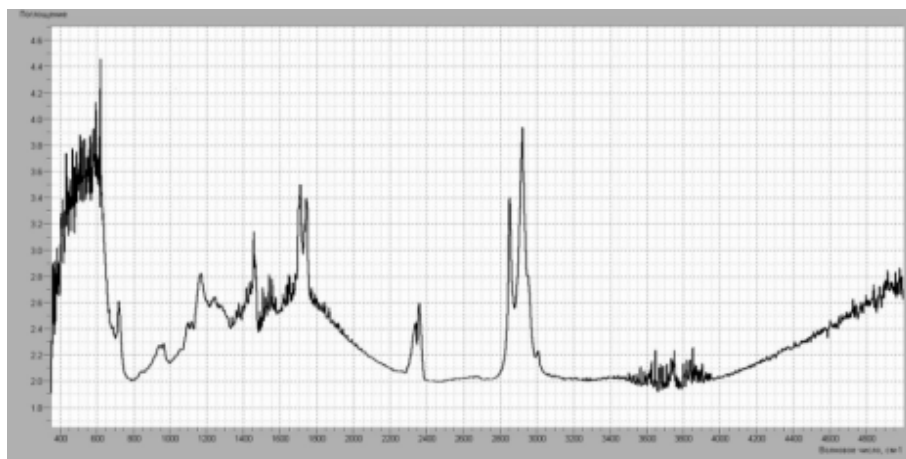
Синтез ПО с использованием смеси ЖК кислот без разделения, вместо стеариновой кислоты целесообразен также по эколого-

экономическим соображениям, т. к. утилизируются отходы со стадии рафинации растительных масел в качестве вторичных ресурсов, при этом исключается энергоемкая стадия вакуумной ректификации.

Возможность использования смеси жирных кислот вместо стеариновой кислоты [7] может быть обосновано схожестью ИК-спектров – смеси жирных кислот и стеариновой кислоты (рисунок 1, а и б).



а



б

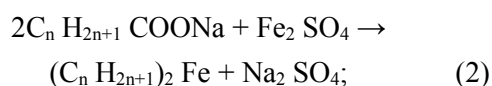
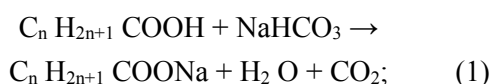
Рисунок 1. ИК-спектр: а – жирные кислоты, выделенные из мыльного раствора; б – стеариновая кислота

Figure 1. IR spectrum: a – fatty acids isolated from the soapstock; b – stearic acid

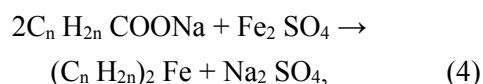
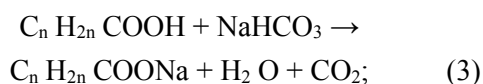
Материалы и методы

В работе ПО в виде КЖ (реакция 1–4) были получены в две стадии с использованием смеси ЖК по следующим реакциям:

для насыщенных кислот:



для ненасыщенных кислот:



где n – от 8 – 22.

Синтез ПО – КЖ осуществляли по способу [8], включающему омыление смеси жирных кислот соединениями натрия с последующим взаимодействием с соединениями металлов

переменной валентности. В качестве жирнокислотного компонента использовали смесь ЖК, выделенных из соапстока светлых растительных масел с кислотным числом $100 \div 120$ мг КОН/г. Процесс омыления проводили гидрокарбонатом или карбонатом натрия при непрерывном перемешивании в температурном диапазоне $190 \div 220$ °С до получения смеси карбоксилатов натрия с кислотным числом $1,0 \div 1,3$ мг КОН/г. После чего в эту смесь равномерно подавали неорганические соединения двух- или трехвалентного железа, сернокислое железо и оксид железа в мольном соотношении 2:1 для соединений двухвалентного железа или 3:1 для соединений трехвалентного железа. Полученную смесь нагревали до температуры $105 \div 160$ °С при непрерывном перемешивании до превращения карбоксилатов натрия в КЖ железа с кислотным числом до 1,0 мг КОН/г. Затем агломерат в виде соединения сульфата натрия удаляли из реакционной смеси промывкой. Использование гидрооксида железа при синтезе ПО позволяет исключить стадию промывки, но использование сульфата железа может быть продиктовано доступностью.

Использование хлорида железа при синтезе ПО было исключено из-за высокой коррозионной активности и образования хлористых соединений, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Изучение процесса омыления смеси ЖК, выделенных из соапстока, проводили в сравнении со стеариновой кислотой при непрерывном перемешивании и в температурном интервале $190 \div 210$ °С с использованием в качестве омыляющего агента гидрооксида натрия и гидрокарбоната натрия. В результате были получены карбоксилаты и стеарат натрия с кислотным числом $1,0 \div 1,3$ мг КОН/г.

Из рисунка 2 видно, что выход карбоксилата натрия – 91,4% (масс.) достигается с использованием омыляющего агента гидрооксида натрия в течение 60 мин при температуре 190 °С. Повышение температуры с 190 до 210 °С способствует максимальному выходу карбоксилата натрия порядка 95,3% (масс.). Использование стеариновой кислоты обеспечивает выход стеарата натрия при температуре 210 °С не менее 98,0% (масс.), что несколько выше по отношению к смеси ЖК. Наличие примесей в смеси ЖК снижает выход целевого продукта при омылении. Проведение процесса омыления при синтезе КЖ ограничено температурой кипения низкокипящих компонентов смеси кислот,

в частности, пальмитиновой кислоты (температура кипения – 215 °С), содержание которой в смеси составляет порядка 6,0% (масс.).

Использование стеариновой кислоты позволяет достичь максимального значения выхода ПО, но с учетом эколого-экономической целесообразности рекомендуется использовать смесь ЖК, выделенных из соапстока без разделения.

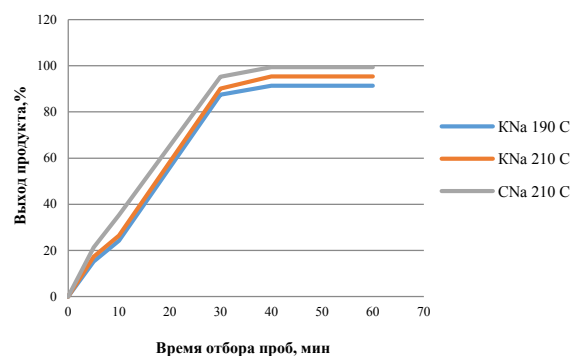


Рисунок 2. Выход смеси карбоксилатов натрия и стеарата натрия в зависимости от продолжительности синтеза в присутствии NaOH при температуре – 190 и 210 °С

Figure 2. The yield of a mixture of sodium carboxylates and sodium stearate depending on the duration of synthesis in the presence of NaOH at a temperature of 190 and 210 °С

Влияние омыляющего агента на выход натриевых солей ЖК, выделенных из соапстока производства растительных масел, представлено на рисунке 3.

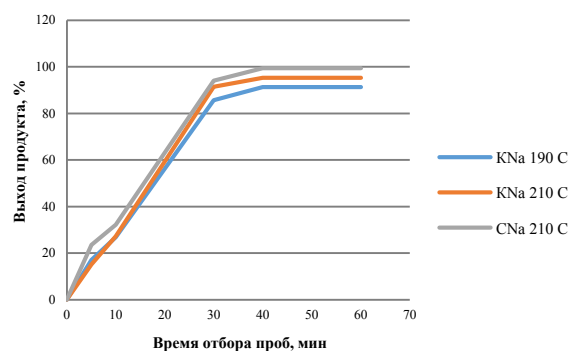


Рисунок 3. Выход смеси карбоксилатов натрия и стеарата натрия в зависимости от продолжительности синтеза в присутствии NaHCO₃ при температуре 190 и 210 °С

Figure 3. Yield of a mixture of sodium carboxylate and sodium stearate depending on the duration of synthesis in the presence of NaHCO₃ at 190 and 210 °С

Из рисунка 3 видно, что выход карбоксилата натрия – 91,4% (масс.) достигается с использованием омыляющего агента гидрокарбоната натрия в течение 40 мин при температуре 190 °С. Повышение температуры с 190 до 210 °С способствует выходу смеси карбоксилата натрия

не менее 96,0% (масс.). Использование в качестве омыляющего агента при синтезе ПО гидрокарбоната натрия обеспечивает максимальный выход карбоксилатов натрия при температуре 210 °С свыше 99,0% (масс.), что несколько выше по отношению к гидроксиду натрия. Повышение выхода карбоксилатов натрия при омылении смеси ЖК, выделенных из соапстока, при использовании гидрокарбоната натрия обусловлено интенсификацией процесса за счет равномерного выделения диоксида углерода из реакционного объема.

Из рисунка 4 видно, что выход КЖ – 91,3% (масс.) достигается с использованием сульфата железа в реакционной системе в виде расплава карбоксилата натрия при продолжительности процесса 40 мин. и температуре 190 °С. Повышение температуры с 190 до 210 °С способствует максимальному выходу – 94,8% (масс.), при этом отмечается начало газообразования, связанное с кипением пальмитиновой кислоты, содержание которой составляет порядка 6,0% (масс.). Проведение процесса синтеза КЖ ограничено температурой кипения низкокипящих компонентов смеси жирных кислот.

Использование гидроксида железа при синтезе ПО позволяет достичь более высокого показателя выхода целевого продукта – КЖ и исключить стадию промывки. Однако, исходя из доступности реагента, т. е. экономической целесообразно, предпочтение было отдано сульфату железа.

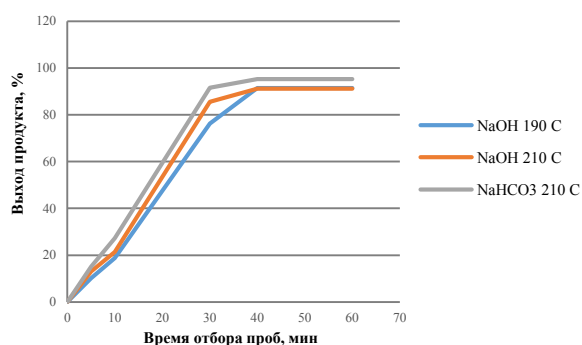


Рисунок 4. Выход СЖ и КЖ в зависимости от продолжительности синтеза при температурах, °С: 1 – КЖ – 190; 2 – КЖ – 210; 3 – СЖ – 210

Figure 4. The output of iron stearate and iron carboxylates depending on the duration of synthesis at temperatures, °С: 1 – iron carboxylates - 190; 2 – iron carboxylates - 210; 3 – iron stearate - 210

Интенсификация процесса двухстадийного синтеза ПО была достигнута при использовании ультразвуковой технологии по разработанному способу [9]. Синтез экспериментальных образцов ПО проводили на опытно-промышленной установке, снабженной ультразвуковыми датчиками, с использованием гидрокарбоната натрия в качестве омыляющего агента. Синтез проводили в инертной среде во избежание термоокисления

непредельных жирных кислот. На первой стадии омыление смеси жирных кислот проводили с использованием перемешивающего устройства с числом оборотов 60 об/мин и при воздействии ультразвукового генератора с удельной мощностью 200 Вт/дм³ в течение 10 мин. При этом температуру поддерживали порядка 160±10 °С, а показатель pH среды на уровне 9,0±0,25. После чего полученные карбоксилаты натрия обрабатывали сульфатом или гидроксидом железа при воздействии ультразвуковым генератором с удельной мощностью 200 Вт/дм³ в течение 10 мин до достижения кислотного числа не более 0,5 мг КОН/г.

В результате на первой стадии (омыления) при температуре не более 170 °С продолжительность составила не более 10 мин. На второй стадии при начальной температуре синтеза 110 °С продолжительность сократилась с 75 до 10 мин. При этом было отмечено повышение температуры на 10÷15 °С за счет ультразвукового воздействия.

На рисунке 5 представлены зависимости выхода СЖ и КЖ, которые идентичны, но отличаются по внешнему виду.

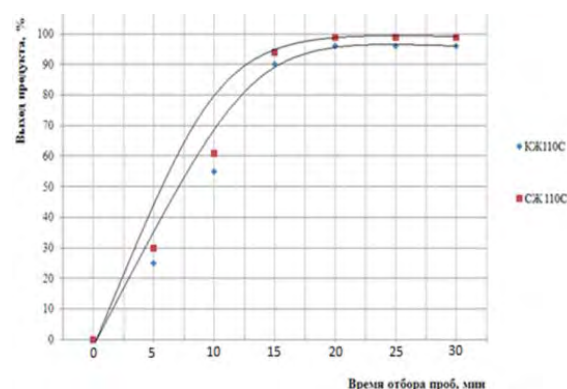


Рисунок 5. Выход СЖ и КЖ в зависимости от продолжительности синтеза ПО при температуре 110 °С с использованием ультразвукового воздействия: 1) карбоксилат железа; 2) стеарат железа

Figure 5. Output of coolant and coolant depending on the duration of synthesis AT a temperature of 110 °С using ultrasonic action: 1) iron carboxylate; 2) iron stearate



Рисунок 6. Внешний вид синтезированных СЖ и КЖ

Figure 6. Appearance of synthesized iron stearate and iron carboxylate

Образцы СЖ и КЖ, синтезированные с использованием ультразвука, представлены на рисунке 6.

Применение ультразвукового воздействия высокой интенсивности 150÷200 Вт/дм³ при синтезе в расплаве позволяет проводить процесс при температуре 150÷170 °С с выходом ПО свыше 99,0% масс. при общей продолжительности менее 20 мин.

В таблице 1 представлено расчетное количество загрязняющих веществ, выделяющихся через неплотности реактора, при синтезе СЖ и КЖ, которое было получено с использованием методики «Расчета количества вредных веществ, поступающих из трубопроводов и оборудования, находящегося под давлением» [10].

Таблица 1.

Количество загрязняющих веществ, выделяющихся через неплотности реактора, при синтезе СЖ и КЖ

Table 1.

The amount of pollutants released through the reactor leaks in the synthesis of iron stearate and iron carboxylate

Наименование Name		Кол-во ЗВ, выделяющихся при различной температуре, мг/ч Amount of pollutants released at different temperatures, mg / h			
Прооксидант Prooxidant	ЗВ (кислота) Pollutants (acid)	На 1-й стадии Stage 1		На 2-й стадии Stage 2	
		210 °C	170 °C (с УЗ)	160 °C	110 °C (с УЗ)
Стеарат железа Iron stearate	Стеариновая Stearic	1,990	0,1500	0,0800	0,0013
	Итого Total	1,990	0,1500	0,0800	0,0013
Смесь карбоксилатов железа The mixture of iron carboxylates	Каприловая Caprylic	8,350	1,7200	1,1440	0,0850
	Олеиновая Oleic	0,068	0,0037	0,0017	0,00001
	Стеариновая Stearic	0,840	0,0680	0,0360	0,0006
	Итого Total	9,258	1,7917	1,1817	0,0856

Примечание. Среднее содержание органических кислот в смеси при синтезе прооксиданта составляло % (масс.): низкокипящие – 13; предельные – 53 и непредельных – 34.

Note. The average content of organic acids in the mixture in the synthesis of Prooksidanta was % (masses): boiling – 13; Limit – 53 and unlimited – 34.

Из таблицы 1 следует, что использование ультразвуковой технологии при синтезе СЖ, снижает выбросы в атмосферу более, чем в 13 раз, однако при синтезе КЖ только в 5,5, что обусловлено наличием низкокипящих жирных кислот, в том числе непредельных.

Заключение

Использование высокоэффективного ультразвукового воздействия при синтезе КЖ

с использованием смеси ЖК, выделенных из отхода стадии рафинации растительных масел, обеспечивает следующие преимущества процесса:

- повышение экологической безопасности;
- сокращение продолжительности;
- снижение энергоемкости;
- уменьшение металлоемкости реакционного оборудования;
- регулирование технологических параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1 Roy P.K., Surekha P., Raman R., Rajagopal C. Investigating the role of metal oxidation state on the degradation behaviour of LDPE // Polymer Degradation and Stability. 2009. V. 94. № 7. P. 1033–1039.

2 Sheikh K.A., Kang Y.B., Rouse J.J., Eccleston G.M. Influence of hydration state and homolog composition of magnesium stearate on the physical chemical properties of liquid paraffin lipogels // International Journal of Pharmaceutics. 2011. V. 4. № 1–2. P. 121–127.

3 Zhou Q.T., Qu L., Larson I. et al. Improving aerosolization of drug powders by reducing powder intrinsic cohesion via a mechanical dry coating approach // International Journal of Pharmaceutics. 2010. V. 394. № 1–2. P. 50–59.

4 Kuchmenko T.A., Korchagin V.I., Drozdova E.V., Yerofeeva N.V. et al. Assessment of the degree of destruction of biodegradable polyethylene films due to UV radiation according to an «electronic nose» // Moscow University Chemistry Bulletin. 2017. V. 72. № 5. P. 227–235.

5 Кучменко Т.А., Корчагин В.И., Дроздова Е.В., Ерофеева Н.В. и др. Оценка степени деструкции пленок из оксобиоразлагаемого полиэтилена под действием УФ-излучения по информации «электронного носа» // Вестник Московского университета. Серия 2: химия. 2017. № 5. P. 240–249.

6 Vijayakumar C.T., Chitra R., Surender R., Pitchaimari G. et al. Development of photodegradable environment friendly polypropylene films // Plastic and Polymer Technology. 2013. V. 2. P. 22–34.

7 Пояркова Т.Н., Сотникова Е.В., Сотников В.С. Направление ресурсосбережения в процессах рафинации и переработки жидких отходов масложировой промышленности // Экология промышленного производства. 2013. С. 40–43.

8 Корчагин В.И., Ерофеева Н.В., Протасов А.В. Биодegradация модифицированных прооксидантами полиэтиленовых пленок // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 1. С. 14–19.

9 Пат. № 2607207, RU, C09F9/00. Способ получения карбоксилатов железа / Корчагин В.И., Протасов А.В., Ерофеева Н.В., Суркова А.М. Заявл. 2015126307; Опубл. 10.01.2017, Бюл. № 1.

10 Пат. № 2618858, RU, C09F9/00. Способ получения карбоксилатов металлов переменной валентности / Корчагин В.И., Ерофеева Н.В., Протасов А.В., Енютина М.В. Заявл. 2016116838; Опубл. 11.05.2017, Бюл. № 14.

11 Тищенко Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ и их распределение в воздухе. М.: Химия, 1991. 368 с.

REFERENCES

1 Roy P.K., Surekha P., Raman R., Rajagopal C. Investigating the role of metal oxidation state on the degradation behaviour of LDPE. *Polymer Degradation and Stability*. 2009. vol. 94. no. 7. pp. 1033–1039.

2 Sheikh K.A., Kang Y.B., Rouse J.J., Eccleston G.M. Influence of hydration state and homolog composition of magnesium stearate on the physical chemical properties of liquid paraffin lipogels. *International Journal of Pharmaceutics*. 2011. vol. 4. no. 1–2. pp. 121–127.

3 Zhou Q.T., Qu L., Larson I. et al. Improving aerosolization of drug powders by reducing powder intrinsic cohesion via a mechanical dry coating approach. *International Journal of Pharmaceutics*. 2010. vol. 394. no. 1–2. pp. 50–59.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Наталья В. Ерофеева соискатель, кафедра промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, VGTA.Erofeeva@yandex.ru

Владимир И. Корчагин д.т.н., профессор, кафедра промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kvi-vgta@rambler.ru

Артем В. Протасов к.т.н., доцент, кафедра промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, pav-vgta86@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Наталья В. Ерофеева написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Владимир И. Корчагин предложил методику проведения эксперимента и организовал производственные испытания

Артем В. Протасов консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 01.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.08.2018

4 Kuchmenko T.A., Korchagin V.I., Drozdova E.V., Erofeeva N.V. et al. Assessment of the degree of destruction of biodegradable polyethylene films due to UV radiation according to an «electronic nose». *Moscow University Chemistry Bulletin*. 2017. vol. 72. no. 5. pp. 227–235.

5 Kuchmenko T.A., Korchagin V.I., Drozdova E.V., Erofeeva N.V. et al. *Vestnik Moskovskogo Universiteta, Seriya 2: Khimiya* [Bulletin of Moscow University. Series 2: Chemistry]. 2017. no. 5. pp. 240–249. (in Russian)

6 Vijayakumar C.T., Chitra R., Surender R., Pitchaimari G. et al. Development of photodegradable environment friendly polypropylene films. *Plastic and Polymer Technology*. 2013. vol. 2. pp. 22–34.

7 Pojarkova T.N., Sotnikova E.V., Sotnikov V.S. Direction of resource saving in the processes of refining and processing of liquid waste oil and fat industry. *Ehkologiya promyshlennogo proizvodstva* [Ecology of industrial production]. 2013. pp. 40–43. (in Russian)

8 Korchagin V.I., Erofeeva N.V., Protasov A.V. Biodegradation of polyethylene films modified with prooxidants. *Ehkologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and industry of Russia]. 2018. vol. 22. no. 1. pp. 14–19. (in Russian)

9 Korchagin V.I., Protasov A.V., Erofeeva N.V., Surkov A.M. Sposob polucheniya karboksilatov zheleza [A method of obtaining carboxylates of iron]. Patent RF, no. 2607207, 2017. (in Russian)

10 Korchagin V.I., Erofeev N.V., Protasov A.V., Tutina M.V. Sposob polucheniya karboksilatov metallov peremennoj valentnosti [A method of obtaining carboxylates of metals of variable valency]. Patent RF, no. 2618858. 2017. (in Russian)

11 Tishchenko N.F. Ohrana atmosfernogo vozduha. Raschet soderzhaniya vrednyh veshchestv i ih raspredelenie v vozduhe [Protection of atmospheric air. Calculation of the content of harmful substances and their distribution in the air]. Moscow, Chemistry, 1991. 368 p. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Natalia V. Erofeeva applicant, industrial ecology, equipment of chemical and petrochemical industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, VGTA.Erofeeva@yandex.ru

Vladimir I. Korchagin Dr. Sci. (Engin.), professor, industrial ecology, equipment of chemical and petrochemical industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kvi-vgta@rambler.ru

Artem V. Protasov Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, industrial ecology, equipment of chemical and petrochemical industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, pav-vgta86@mail.ru

CONTRIBUTION

Natalia V. Erofeeva proposed a scheme of the experiment and organized production trials

Vladimir I. Korchagin proposed a scheme of the experiment and organized production trials

Artem V. Protasov consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.1.2018

ACCEPTED 8.20.2018

Экономика и управление

Оригинальная статья/Original article

УДК 338.4

DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-368-376>

Экономическая безопасность Центрально-Черноземного региона: оценка состояния и угроз

Александр И. Хорев	¹	al.khorev@gmail.com
Екатерина В. Горковенко	¹	gorek@mail.ru
Ирина В. Платонова	¹	aniri_78@mail.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Экономическая безопасность качественно характеризует экономическую систему, обуславливая её способность сохранять нормальные условия функционирования населения, постоянное обеспечение ресурсами становления народного хозяйства, а также последовательную защиту национальных интересов. Вследствие развития противоречий как внутри региона, так и за его пределами, появляются угрозы экономической безопасности региона. Угрозы действуют на локальные экономические процессы, провоцируя нарушение баланса в экономике региона, и тем самым способствуя утрате контроля над этапами воспроизводства совокупного общественного продукта. Для выбора оптимальной методики оценки уровня экономической безопасности региона авторами был проведен сравнительный анализ существующих методик, определены их достоинства и недостатки. Оценка современного состояния экономической безопасности Центрально-Черноземного региона была проведена с использованием положений методики Д.В. Третьякова, которая показала достаточно высокий уровень экономической безопасности всех областей, входящих в состав региона. Выполненный авторами при помощи «зонной теории» анализ основных индикаторов развития Центрально-Черноземного региона позволил выявить основные угрозы: высокий уровень имущественной дифференциации населения; низкий уровень расходов на здравоохранение и культуру; низкий уровень расходов на образование и поддержку научного потенциала и инновационной активности; высокую зависимость экономики от импорта; высокие показатели смертности населения, в том числе младенческой; недостаточный рост промышленного производства; высокий темп роста уровня потребительских цен. Основываясь на полученных результатах анализа, авторами предложены рекомендации по нейтрализации угроз и повышению уровня экономической безопасности Центрально-Черноземного региона.

Ключевые слова: экономическая безопасность региона, угрозы экономической безопасности, Центрально-Черноземный регион, индикаторы экономической безопасности, «зонная теория» оценки угроз экономической безопасности

Economic security of the Central Black Earth region: assessment of the state and threats

Aleksandr I. Khorev	¹	al.khorev@gmail.com
Ekaterina V. Gorkovenko	¹	gorek@mail.ru
Irina V. Platonova	¹	aniri_78@mail.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. Economic security qualitatively characterizes the economic system, determining its ability to maintain normal conditions for the functioning of the population, the constant provision of resources for the development of the national economy, and the consistent protection of national interests. Due to the development of contradictions both within the region and beyond, there are threats to the economic security of the region. Threats affect local economic processes, causing imbalance in the regional economy, and thus contributing to the loss of control over the stages of reproduction of the aggregate social product. To select the optimal methodology for assessing the level of economic security in the region, the authors conducted a comparative analysis of existing methods, identifying their advantages and disadvantages. An assessment of the current state of the economic security of the Central Black Earth region was carried out using the provisions of the D.V. Tretyakov's methodology, which showed a fairly high level of economic security of all areas included in the region. The analysis of the main indicators of the Central Black Earth region development, carried out by the authors with the help of "zone theory", made it possible to identify the main threats: a high level of property differentiation of the population; low spending on health and culture; low level of expenses for education and support of scientific potential and innovation activity; high dependence of the economy on imports; high mortality rates of the population, including infants; insufficient growth of industrial production; high growth rate of consumer prices. Based on the results of the analysis, the authors proposed recommendations for neutralizing threats and improving the economic security of the Central Black Earth region.

Keywords: economic security of the region, threats to economic security, Central Black Earth Region, indicators of economic security, "zone theory" of assessing threats to economic security

Для цитирования

Хорев А.И., Горковенко Е.В., Платонова И.В. Экономическая безопасность Центрально-Черноземного региона: оценка состояния и угроз // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 368–376. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-368-376

For citation

Khorev A.I., Gorkovenko E.V., Platonova I.V. Economic security of the Central Black Earth region: assessment of the state and threats. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 368–376. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-368-376

Введение

Проблема обеспечения экономической безопасности весьма актуальна не только для страны в целом, но и для каждого региона. Находясь под сильным влиянием общероссийских экономических тенденций и явлений, регион в то же время имеет свои проблемы безопасности, которые определяются его особенностями: географическим положением, климатическими условиями, отраслевой структурой экономики, национальным составом населения и культурно-историческими традициями поведения [1–5].

От того насколько социально-экономические системы способны сопротивляться негативным воздействиям, предотвращая нанесение им ущерба, зависят потенциальные выгоды и угрозы для регионов. Именно поэтому так важно проводить на регулярной основе мониторинг индикаторов для нейтрализации существующих угроз. Своевременное обнаружение и нейтрализация угроз и рисков на региональном уровне может значительно снизить уровень риска возникновения угроз национальной безопасности.

Сравнительный анализ экономической безопасности областей Центрально-Черноземного региона может служить основой для построения комплексной оценки экономической безопасности субъектов и позволит выявить основные направления обеспечения региональной экономической безопасности.

Результаты и обсуждение

Существует большое разнообразие методик оценки экономической безопасности региона. Оно связано, прежде всего, с отсутствием нормативных документов с четкими инструкциями по количеству, перечню и критериальным (пороговыми) значениям оцениваемых показателей. В Указе Президента РФ от 13 мая 2017 г. № 208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года» представлен перечень из 40 показателей, рекомендованных к использованию для оценки состояния экономической безопасности страны, но не региона. Кроме того, данный документ не содержит пороговых значений представленных показателей, что делает невозможным количественную оценку уровня экономической безопасности.

Так, по мнению С.Г. Голубевой [6], для достижения экономической безопасности первоочередное значение имеет предупреждение возможных угроз, а не пассивное определение последствий их воздействия. При этом для своевременной и адекватной диагностики экономического положения региона, выявления факторов, оказывающих негативное влияние на него, необходимо точно определить основные показатели (индикаторы) экономической

безопасности. При этом индикаторы должны отражать наиболее важные характеристики экономического состояния региона.

Большинство методик предполагает расчет 20–30 различных показателей, сгруппированных в зависимости от оцениваемой сферы деятельности. Помимо перечня показателей экономической безопасности, важную роль для оценки имеет определение их пороговых значений. В настоящее время ученые не пришли к единому мнению по поводу пороговых значений показателей. Так, Третьяков Д.В., Голубева С.Г. рассчитывают данные значения на основе исследования существующих отечественных и зарубежных методик. При этом упоминая о необходимости учета тенденций развития экономики регионов [7].

Одной из наиболее используемых методик является методика Новиковой И.В., Красникова Н.И. Авторы предлагают расчет 22 показателей, характеризующих 7 сфер региональной экономики: продовольственную, производственную, инфраструктурную, финансовую, социальную, информационно-техническую и инновационную [8]. Оценка экономической безопасности по данной методике, так же как и в рассмотренной выше, производится на основе сравнения фактических значений с пороговыми. В качестве пороговых авторы принимают либо значения, предложенные другими учеными (в частности Глазьевым С.Ю.), либо определяют экспертным способом.

Митяков С.Н., Митяков Е.С., Романова Н.А. выделяют 20 индикаторов экономической безопасности, подразделенных на 4 проекции: «Экономическое развитие», «Социальное развитие», «Инновационное развитие», «Экологическое развитие» [9]. В данной методике расширена оценка инновационного развития региона как основного условия достижения экономической безопасности региона, отвечающего за модернизацию экономики. Ученые выделяют в отдельный блок оценку экологического развития региона на основании 3 показателей: выбросы в атмосферу от стационарных источников, сброс сточных вод, лесовосстановление. Для сопоставления показателей, имеющих разную размерность, и более наглядного сравнения с пороговыми значениями авторы предлагают проведение нормировки показателей с целью приведения их к безразмерному виду. Значение безразмерного индикатора ниже 1 (порога) будет свидетельствовать о наличии угрозы экономической безопасности. Далее проводится отнесение значения безразмерного индикатора к одной из 5 зон риска: катастрофического, критического, значительного, умеренного и зоне стабильности.

Денежкина И.Е., Суздалева Д.А. выделяют 7 показателей для оценки экономической безопасности региона [10].

1. Объем валового регионального продукта на душу населения, % от среднемирового.

2. Степень износа основных производственных фондов, %.

3. Отношение инвестиций к валовому региональному продукту, %.

4. Отношение расходов на социальные программы к ВРП, %.

5. Соотношение средней зарплаты и прожиточного минимума, %.

6. Доля безработных в общей численности трудоспособного населения, %.

7. Отношение объема финансовой помощи региону из федерального бюджета к объему доходов федерального бюджета, поступивших из региона.

Пороговые значения были определены авторами на основе анализа работ отечественных ученых-экономистов.

Для оценки современного состояния экономической безопасности областей Центрально-Черноземного региона (ЦЧР) нами была выбрана

методика Д.В. Третьякова [11]. Изучив отечественные методики оценки экономической безопасности, мы пришли к выводу о необходимости разработки комплексного подхода к подбору показателей экономической безопасности региона [12–14]. Наиболее важными, по нашему мнению, являются такие составляющие региональной экономики, как:

— способность региональной экономики к устойчивому росту;

— устойчивость финансовой системы;

— поддержка научного потенциала;

— зависимость региональной экономики от импорта важнейших видов продукции;

— уровень и качество жизни населения;

— демография.

Комплексность подхода состоит в том, что для оценки экономической безопасности областей ЦЧР мы использовали систему показателей и их пороговых значений (таблица 1). Применяя данную методику, можно оценить экономическую безопасность отдельно взятой территории и определить точки повышенного риска в различных секторах экономики, способные в дальнейшем привести к кризисным явлениям.

Таблица 1.

Система индикаторов экономической безопасности ЦЧР и их пороговых значений

Table 1.

The system of indicators of economic security of the Central Black Earth Region and their threshold values

Индикатор Indicator	Пороговое значение Threshold
1	2
Способность экономики региона к устойчивому росту The ability of the region's economy to sustainable growth	
Объем валового регионального продукта (ВРП) на душу населения, в % от среднего по стране Gross regional product (GRP) per capita, % of the national average	100,0
Темп роста ВРП к предыдущему году (в сопоставимых ценах, в %) GRP growth rate compared to the previous year (in comparable prices, %)	105,0
Индекс физического объема промышленности к предыдущему году, % The volume index of industry to the previous year, %	105,0
Индекс физического объема продукции сельского хозяйства к предыдущему году, % The index of the physical volume of agricultural production to the previous year, %	105,0
Инвестиции в основной капитал, в % в ВРП Investments in fixed assets, % in GRP	25,0
Степень износа основных фондов промышленных предприятий, % The level of depreciation of fixed assets of industrial enterprises, %	60,0
Устойчивость финансовой системы Financial System Resilience	
Дефицит, профицит консолидированного бюджета, в % в ВРП Deficit, consolidated budget surplus, % in GRP	3,5
Индекс потребительских цен (к декабрю предыдущего года), % Consumer price index (to December of the previous year), %	105,0
Поддержка научного потенциала Support of scientific potential	
Численность занятых в науке, в % к занятым в экономике Number of people employed in science, % of people employed in the economy	1,0
Расходы на образование, в % к ВРП Expenditure on education, in % of GRP	10,0
Зависимость экономики региона от импорта Dependence of the regional economy on imports	
Соотношение импорта и экспорта, % Ratio of import and export, %	20,0
Уровень и качество жизни населения The level and quality of the population's life	
Расходы на здравоохранение, в % к ВРП Expenditure on health, % of GRP	10,0
Расходы на культуру в % к ВРП Costs for culture, in % of GRP	6,0
Обеспеченность жильем, кв. м на 1 человека Housing security, m ² for 1 person	20

1	2
Коэффициент покупательной способности доходов населения региона The coefficient of purchasing power of incomes of the population of the region	3,49
Коэффициент концентрации доходов Джини Gini income concentration ratio	0,2
Коэффициент фондов Funds ratio	8,1
Количество преступлений на 1000 человек населения, единиц Number of crimes per 1000 people, units	20
Продолжительность жизни, лет Life expectancy, years	70
Темп роста реальных доходов населения, % Growth rate of real incomes of the population, %	105,0
Уровень безработицы, % Unemployment rate, %	7
Уровень занятости, % Employment rate, %	60,0
Демография Demography	
Коэффициент рождаемости, ‰ Fertility rate, ‰	8,0
Коэффициент смертности, ‰ Death rate, ‰	10,0
Коэффициент младенческой смертности, ‰ Infant mortality rate, ‰	5,0

Оценка экономической безопасности региона производилась по значению интегрального показателя, формируемого на основе частных показателей, сгруппированных по выделенным направлениям. Фактические и пороговые значения показателей соотносились друг с другом, позволяя получить единую безразмерную величину. Если соответствующий показатель экономической безопасности должен стремиться к увеличению, то коэффициент соотношения рассчитывается путем деления фактического значения на пороговое. Если показатель экономической безопасности должен снижаться, то соотношение рассчитывается делением порогового уровня на фактический. Полученные по каждому отдельному направлению интегральные показатели

методом «свертки» (с помощью формулы простой средней арифметической) объединяются в единый интегральный показатель.

Результаты выполненной авторами интегральной оценки уровня экономической безопасности ЦЧР с использованием шкалы критериальных границ (таблица 2) представлены в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, из 5 областей, входящих в состав ЦЧР, самый высокий уровень экономической безопасности получен по Липецкой области, самый низкий – по Тамбовской области. На основании результатов проведенного исследования уровень экономической безопасности ЦЧР в целом оценивается нами как высокий.

Таблица 2.

Шкала оценки экономической безопасности региона

Table 2.

The scale of the economic security assessment of the region

Уровень экономической безопасности региона The level of economic security in the region	Критериальные границы интегрального показателя Criterial boundaries of the integral indicator
Высокий High	1,05 и выше 1,05 and higher
Нормальный Normal	1,00–1,04
Низкий (предкризисный) Low (pre-crisis)	0,70–0,99
Кризисный Crisis	0,5–0,69
Критический Critical	0,49 и ниже 0,49 and below

Таблица 3.

Интегральная оценка уровня экономической безопасности ЦЧР (2016 год)

Table 3.

Integral assessment of the economic security level of the Central Black Earth Region (2016)

Направление Direction	Воронежская область Voronezh region	Липецкая область Lipetsk region	Курская область Kursk region	Белгородская область Belgorod region	Тамбовская область Tambov region
1	2	3	4	5	6
1. Способность экономики региона к устойчивому росту The ability of the region's economy to sustainable growth	1,089	1,013	1,042	1,016	0,999
2. Устойчивость финансовой системы Financial System Resilience	15,081	18,002	3,413	4,670	2,743

1	2	3	4	5	6
3. Поддержка научного потенциала Support of scientific potential	0,641	0,223	0,507	0,284	0,346
4. Зависимость экономики региона от импорта Dependence of the regional economy on imports	0,279	0,659	0,207	0,312	0,158
5. Уровень и качество жизни населения The level and quality of the population's life	0,937	1,022	1,006	1,048	0,980
6. Демография Demography	1,012	0,918	0,947	0,980	1,048
Итоговое соотношение фактического и порогового значений The final ratio of actual and threshold values	2,064	2,287	1,128	1,231	1,050
Оценка уровня экономической безопасности региона Assessment of the economic security level of the region	Высокий High	Высокий High	Высокий High	Высокий High	Высокий High

На экономическую безопасность регионов влияют как внешние, так и внутренние угрозы. К факторам внешней среды региону необходимо адаптироваться, поскольку он не может напрямую на них воздействовать. Факторы внутренней среды управляемы и, воздействуя на них, можно влиять на безопасность региональной социально-экономической системы. В этой связи особенно важно анализировать индикаторы экономической безопасности региона для выявления и оценки всех возможных угроз. Чтобы получить достоверный результат, мы использовали «зонную теорию», которая ранжирует индикаторы по степени удаленности от порогового значения [4]. Из-за различной размерности всех индикаторов для совместного анализа их необходимо нормировать. Следовательно, индикаторы должны быть «не более» или «не менее» своих пороговых значений.

Для соотношения типа «не менее» используем функцию вида [4]:

$$y = \begin{cases} 2^{\left(1-\frac{a}{x}\right)/\ln\frac{10}{3}}, & \text{если } \frac{x}{a} > 1; \\ 2^{-\log_{10/3}\frac{a}{x}}, & \text{если } \frac{x}{a} \leq 1, \end{cases} \quad (1)$$

где x – фактическое значение индикатора; a – его пороговое значение.

Для соотношения типа «не более» используется функция вида:

$$y = \begin{cases} 2^{\left(1-\frac{x}{a}\right)/\ln\frac{10}{3}}, & \text{если } \frac{x}{a} < 1; \\ 2^{-\log_{10/3}\frac{x}{a}}, & \text{если } \frac{x}{a} \geq 1. \end{cases} \quad (2)$$

Следует отметить, что функции (1) и (2) являются непрерывными и монотонными (в точке $x=a$ обеспечивается равенство как самих функций, так и их производных).

Выделяют следующие «зоны риска»:

— зона «катастрофического риска» (ЗКР) ограничена значением 0,25: исходное значение индикатора более чем в 10 раз отличается от его порогового значения. Попадание индикаторов в эту опасную зону представляет реальную угрозу экономической безопасности, в связи с чем требуется немедленная реакция со стороны органов государственного управления;

— зона «критического риска» (ЗКРР) находится между значениями 0,25 и 0,50: исходное значение индикатора от 3 до 10 раз отличается от его порогового значения. Такая ситуация характеризуется развитием кризисных явлений в экономике, в связи с чем требуются стратегические решения для постепенного выхода в более безопасный режим функционирования;

— зона «значительного риска» (ЗЗР) находится между значениями 0,50 и 0,75: исходное значение индикатора от 1,6 до 3 раз отличается от его порогового значения. Такая ситуация оценивается как нежелательная, во многих случаях ее не удастся быстро исправить, поэтому важно изучать тенденции изменения соответствующих индексов;

— зона «умеренного риска» (ЗУР) находится между значениями 0,75 и 1,00: исходное значение индикатора не более чем в 1,6 раза отличается от его порогового значения. Такое положение типично для ряда индикаторов и не несет значительной угрозы для экономической безопасности;

— зона «стабильности» (ЗС) вне сектора, ограниченного значением 1 (значение 1 соответствует точному совпадению значения индикатора с пороговым значением): от 1,00 до 1,25 – превышение порогового значения от 1 до 1,6 раз, от 1,25 до 1,50 – от 1,6 до 3,3 раза, от 1,50 до 1,75 – более, чем в 3,3 раза.

В таблице 4 приведены результаты анализа рисков и угроз экономической безопасности областей ЦЧР, основываясь на которых, мы смогли выделить следующие существенные угрозы его экономической безопасности:

- высокий уровень дифференциации доходов населения, что может привести к нарушению социального мира и общественного согласия. Данная угроза существует не только в ЦЧР, но и во всей России. В случае сохранения существующей тенденции к 2020 году показатель может достигнуть значения, характерного для развивающихся стран;

- в критическом состоянии находится уровень поддержки научного потенциала – необходимо увеличить ассигнования на науку, повысить престижность науки среди молодежи путем грамотной корректировки молодежной политики, разработать мероприятия по привлечению молодых ученых в наукоемкие отрасли производства, акцентировать внимание на инновационном развитии ведущих отраслей и предприятий;

- все области региона испытывают значительную зависимость своих экономик от импорта, что негативно сказывается на уровне их развития, особенно в условиях анти-российских экономических санкций. Многие

предприятия региона зависимы от импортного сырья, а в его отсутствие не могут эффективно работать, что негативно отражается не только на доходах бюджета области, который недополучает налоговые платежи, но и на настроении людей, которые потеряли работу или находятся в вынужденных отпусках (растет социальная напряженность);

- недостаточный рост промышленного производства – существующая структура не обеспечит высоких темпов развития экономики. Необходимо разработать мероприятия по ускорению развития добывающих и обрабатывающих отраслей;

- высокий темп роста уровня потребительских цен – сохранение тенденции при имеющем место недостаточном темпе роста реальных доходов населения региона может привести к социальной напряженности;

- низкий уровень расходов на здравоохранение – один из ключевых показателей качества жизни населения. При сохранении тенденции может негативно отразиться на всех аспектах жизнедеятельности региона, в том числе на его численности, что затрагивает уже национальную безопасность страны. Необходимо пересмотреть расходную часть консолидированных бюджетов областей региона.

Таблица 4.

Зоны риска индикаторов экономической безопасности ЦЧР (2016 год)

Table 4.

Zones of risk indicators for economic security of the Central Central Black Earth Region (2016)

Название индикатора Indicator name	Воронежская область Voronezh region	Липецкая область Lipetsk region	Курская область Kursk region	Белгородская область Belgorod region	Тамбовская область Tambov region
1	2	3	4	5	6
Способность экономики региона к устойчивому росту The ability of the region's economy to sustainable growth					
Объем ВРП на душу населения, в % от среднего по стране Gross regional product (GRP) per capita, % of the national average	ЗУР	ЗУР	ЗУР	ЗУР	ЗУР
Темп роста ВРП к предыдущему году (в сопоставимых ценах, в %) GRP growth rate compared to the previous year (in comparable prices, %)	ЗУР	ЗУР	ЗС	ЗС	ЗУР
Индекс физического объема промышленности к предыдущему году, % The volume index of industry to the previous year, %	ЗУР	ЗУР	ЗУР	ЗС	ЗУР
Индекс физического объема продукции сельского хозяйства к предыдущему году, % The index of the physical volume of agricultural production to the previous year, %	ЗУР	ЗС	ЗС	ЗС	ЗУР
Инвестиции в основной капитал, в % в ВРП Investments in fixed assets, % in GRP	ЗС	ЗС	ЗУР	ЗУР	ЗС
Степень износа основных фондов промышленных предприятий, % The level of depreciation of fixed assets of industrial enterprises, %	ЗС	ЗС	ЗС	ЗС	ЗС

Продолжение табл. 4 | Continuation of table 4

1	2	3	4	5	6
Устойчивость финансовой системы Financial System Resilience					
Дефицит, профицит консолидированного бюджета, в % в ВВП Deficit, consolidated budget surplus, % in GRP	ЗС	ЗС	ЗС	ЗС	ЗС
Индекс потребительских цен (к декабрю предыдущего года), % Consumer price index (to December of the previous year), %	ЗУР	ЗУР	ЗУР	ЗС	ЗУР
Поддержка научного потенциала Support of scientific potential					
Численность занятых в науке, в % к занятым в экономике Number of people employed in science, % of people employed in the economy	ЗУР	ЗКРП	ЗЗР	ЗКРП	ЗКРП
Расходы на образование, в % к ВВП Expenditure on education, in % of GRP	ЗЗР	ЗЗР	ЗЗР	ЗЗР	ЗЗР
Зависимость экономики региона от импорта Dependence of the regional economy on imports					
Соотношение импорта и экспорта, % Ratio of import and export, %	ЗКРП	ЗУР	ЗКРП	ЗЗР	ЗКРП
Уровень и качество жизни населения The level and quality of the population's life					
Расходы на здравоохранение, в % к ВВП Expenditure on health, % of GRP	ЗКРП	ЗКРП	ЗКРП	ЗКРП	ЗКРП
Расходы на культуру в % к ВВП Costs for culture, in % of GRP	ЗЗР	ЗЗР	ЗЗР	ЗКРП	ЗЗР
Обеспеченность жильем, кв. м на 1 человека Housing security, m ² for 1 person	ЗС	ЗС	ЗС	ЗС	ЗС
Коэффициент покупательной способности доходов населения региона The coefficient of purchasing power of incomes of the population of the region	ЗС	ЗУР	ЗУР	ЗС	ЗУР
Коэффициент концентрации доходов Джини Gini income concentration ratio	ЗЗР	ЗЗР	ЗЗР	ЗЗР	ЗЗР
Коэффициент фондов Funds ratio	ЗУР	ЗС	ЗС	ЗС	ЗС
Количество преступлений на 1000 человек населения, единиц Number of crimes per 1000 people, units	ЗС	ЗС	ЗС	ЗС	ЗС
Продолжительность жизни, лет Life expectancy, years	ЗС	ЗС	ЗС	ЗС	ЗС
Темп роста реальных доходов населения, % Growth rate of real incomes of the population, %	ЗУР	ЗУР	ЗУР	ЗУР	ЗУР
Уровень безработицы, % Unemployment rate, %	ЗС	ЗС	ЗС	ЗС	ЗС
Уровень занятости, % Employment rate, %	ЗС	ЗС	ЗС	ЗС	ЗС
Демография Demography					
Коэффициент рождаемости, ‰ Fertility rate, ‰	ЗС	ЗС	ЗС	ЗС	ЗС
Коэффициент смертности, ‰ Death rate, ‰	ЗУР	ЗУР	ЗУР	ЗУР	ЗУР
Коэффициент младенческой смертности, ‰ Infant mortality rate, ‰	ЗС	ЗУР	ЗУР	ЗУР	ЗС

Примечание | Note: ЗКР – зона "катастрофического риска"; ЗКРП – критическая зона риска; ЗЗР – зона "значительного риска"; ЗУР – зона умеренного риска; ЗС – зона "стабильности"

Заключение

С целью повышения уровня экономической безопасности ЦЧР, по нашему мнению, необходимо:

- повысить инновационную и экономическую активность бизнеса, обеспечить условия для модернизации производства;
- обеспечить за счет устойчивого развития агропромышленного комплекса продовольственную безопасность региона и повысить территориальную доступность социально значимых продовольственных товаров;

- совершенствовать транспортную инфраструктуру путем повышения ее доступности и пропускной способности;

- повысить инвестиционную привлекательность региона;

- повысить энергетическую эффективность за счет использования энерго- и ресурсосберегающих технологий;

- реализовать меры поддержки малого предпринимательства, поскольку в данном секторе трудится до 30% экономически активного населения региона;

- разработать меры поддержки рождаемости, оказать поддержку молодым и многодетным семьям и молодежи;

- пересмотреть систему целевой контрактной подготовки специалистов, ориентируясь на потребности предприятий и организаций области, для достижения баланса на рынке труда и образовательных услуг;

- пропагандировать и формировать здоровый образ жизни, проводить системные изменения в организации медицинской помощи с целью увеличения продолжительности жизни, развивать сеть высокотехнологичных медицинских учреждений, а также усилить массовость физкультуры и спорта;

- стимулировать участие молодежи в научно-технической деятельности и разработать систему выявления молодых способных ученых, стремящихся самореализоваться в инновационной сфере, создавать студенческие инновационные фирмы (технопарки);

- развивать изобретательскую, патентно-лицензионную деятельность предприятий и организаций.

Немаловажным является вопрос обеспечения экологической безопасности региона. На территории всех 5 областей функционируют промышленные предприятия, негативным результатом деятельности которых является загрязнение окружающей среды (особенно в Липецкой и Белгородской областях). Для улучшения экологической обстановки в регионе необходимо создать систему обращения с отходами производства и потребления (очистные

сооружения, создание предприятий по утилизации и переработке ТБО и других видов отходов); сохранять и повышать ресурсно-экологический потенциал лесов и водоемов.

Для стимулирования экономического развития ЦЧР и, как следствие, повышения его экономической безопасности, по нашему мнению, целесообразна региональная кластеризация, которая позволит укрепить взаимосвязи между экономическими субъектами – участниками кластера.

Создание региональных кластеров будет способствовать:

- формированию единого экономического пространства, устранению дифференциации в социально-экономическом развитии муниципальных образований;

- повышению конкурентоспособности участников кластера за счет внедрения новых технологий, снижения затрат и повышения эффективности соответствующих наукоемких услуг за счет эффекта синергии и унификации подходов в логистике, инжиниринге, информационных технологиях, менеджменте качества и др.;

- повышению уровня занятости населения в условиях оптимизации структуры крупных предприятий и аутсорсинга, увеличению потенциального рынка для малых и средних предприятий за счет внедрения субконтрактинга при выполнении комплексных проектов и программ;

- расширению доступа к информации о рынках и продвижению продукции и услуг малого бизнеса на рынок крупных предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1 Платонова И.В., Горковенко Е.В., Гетманова А.А. Понятие экономической безопасности организации и инструменты ее оценки // Экономика и предпринимательство. 2015. № 4–1 (57). С. 722–724.

2 Горковенко Е.В., Платонова И.В., Чекудаев К.В. Анализ экономической безопасности Центрально-Черноземного региона // Экономика и предпринимательство. 2017. № 8–3 (85). С. 253–258.

3 Peppers S.F. Entrepreneurial security: a free-market model for national economic security // Economics and statistics. 2017. № 1. P. 28–36.

4 Nanto D.K. Economics and national security: issues and implications // Yale Law Journal. 2016. № 4. P. 134–142.

5 Andruseac G. Economic security – new approaches in the context of globalization // CES Working Papers. 2016. № 7. P. 232–240.

6 Голубева С.Г. Оценка экономической безопасности Вологодской области // Молочнохозяйственный вестник. 2014. № 2 (14). С. 79–86.

7 Давыдова Ю.В. Методология оценки экономической безопасности региона // Московский экономический журнал. 2017. № 3. URL: <http://qe.su/otraslevaya-i-regionalnaya-ekonomika/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-3-2017-58>

8 Новикова И.В., Красников Н.И. Методика выделения индикаторов экономической безопасности региона // Пространство экономики. 2009. № 2–3. С. 208–210.

9 Митяков С.Н., Митяков Е.С., Романова Н.А. Экономическая безопасность регионов Приволжского федерального округа // Экономика региона. 2013. № 3 (35). С. 81–91.

10 Денежкина И.Е., Суздалева Д.А. Система показателей для мониторинга экономической безопасности региона // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2011. № 3 (66). С. 96–101.

11 Третьяков Д.В. К вопросу об интегральной оценке экономической безопасности агропромышленного региона // Социально-экономические явления и процессы. 2011. № 11 (033). С. 213–218. URL: <https://cyberleninka.ru>

12 Логинов Д.А. Финансово-экономическая безопасность региона: научные взгляды и стратегии реализации // Инновационное развитие экономики. 2017. № 4 (40). С. 272–279.

13 Hacker J.S. The economic security index: a new measure for research and policy analysis // Working Paper. 2017. № 22. P. 16–21.

14 Sandri D. Growth and capital flows with risky entrepreneurship // American Economic Journal. 2017. № 3. P. 112–123.

REFERENCES

- 1 Platonova I.V., Gorkovenko E.V., Getmanova A.A. The concept of the economic security of an organization and its assessment tools. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Economics and Entrepreneurship]. 2015. no. 4–1 (57). pp. 722–724. (in Russian).
- 2 Gorkovenko E.V., Platonova I.V., Chekudaev K.V. Analysis of the economic security of the Central Black Earth region. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Economics and Entrepreneurship]. 2017. no. 8–3 (85). pp. 253–258 (in Russian).
- 3 Peppers S.F. Entrepreneurial security: a free-market model for national economic security. *Economics and statistics*. 2017. no. 1. pp. 28–36.
- 4 Nanto D.K. Economics and national security: issues and implications. *Yale Law Journal*. 2016. no. 4. pp. 134–142.
- 5 Andrusac G. Economic security – new approaches in the context of globalization. *CES Working Papers*. 2016. no. 7. pp. 232–240.
- 6 Golubeva S.G. Assessment of the economic security of the Vologda region. *Molochnokhozyaystvennyy vestnik* [Milk herald]. 2014. no. 2(14). pp. 79–86. (in Russian).
- 7 Davydova Yu. V. Methodology for assessing the economic security of the region. *Moskovskiy ekonomicheskij zhurnal* [Moscow Economic Journal]. 2017. no. 3. Available at: <http://qje.su/otraslevaya-i-regionalnaya-ekonomika/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-3-2017-58> (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Александр И. Хорев д.э.н., профессор, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, al.khorev@gmail.com

Екатерина В. Горковенко к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, gorek@mail.ru

Ирина В. Платонова к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, aniri_78@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 15.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 17.08.2018

8 Novikova I.V., Krasnikov N.I. Methods of identifying indicators of economic security of the region. *Prostranstvo ekonomiki* [Space Economy]. 2009. no. 2–3. pp. 208–210. (in Russian).

9 Mityakov S.N., Mityakov E.S., Romanova N.A. Economic security of the Volga Federal District regions, *Ekonomika regiona* [Economy of the region]. 2013. no. 3(35). pp. 81–91. (in Russian).

10 Denezhkina I.E., Suzdaleva D.A. The system of indicators for monitoring the economic security of the region. *Strategicheskiye resheniya i risk-menedzhment* [Strategic decisions and risk management]. 2011. no. 3(66), pp. 96–101. (in Russian).

11 Tretyakov D.V. To the question of the integral assessment of the economic security of the agro-industrial region. *Sotsial'no-ekonomicheskiye yavleniya i protsessy* [Socio-economic phenomena and processes]. 2011. no. 11(033), pp. 213–218. Available at: <https://cyberleninka.ru> (in Russian).

12 Loginov D.A. Financial and economic security of the region: scientific views and strategies for implementation. *Innovatsionnoye razvitiye ekonomiki* [Innovative development of the economy]. 2017. no 4 (40). pp. 272–279. (in Russian).

13 Hacker J.S. The economic security index: a new measure for research and policy analysis. *Working Paper*. 2017. no. 22. pp. 16–21.

14 Sandri D. Growth and capital flows with risky entrepreneurship. *American Economic Journal*. 2017. no. 3. pp. 112–123.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Aleksandr I. Khorev Dr. Sci. (Econ.), professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, al.khorev@gmail.com

Ekaterina V. Gorkovenko Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, gorek@mail.ru

Irina V. Platonova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, aniri_78@mail.ru

CONTRIBUTION

all authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.15.2018

ACCEPTED 8.17.2018

Основные направления повышения эффективности использования земельных ресурсов в Карачаево-Черкесской республике

Василий М. Баутин¹

Ирина Ш. Дзахмишева²

Анжела А. Акбашева³

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

² Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, г. Нальчик, Россия

³ Московский финансово-промышленный университет «Синергия», Карачаево-Черкесский филиал, г. Черкесск, Россия

Реферат. Настоящая статья посвящена проблеме повышения эффективности использования земельных ресурсов в Карачаево-Черкесской Республике. Формирование земельных отношений особенно актуально для малоземельных и горных регионов, к числу которых относится Карачаево-Черкесская Республика (КЧР). Пахотные земли КЧР представлены различными типами и подтипами почв: черноземы типичные, черноземы обыкновенные, черноземы горные, лугово-черноземные почвы. Отрицательный баланс гумуса отмечается фактически во всех районах и хозяйствах республики, в то время, как его уменьшение даже на 0,1% сопровождается снижением урожайности до 1,2 центнера условных зерновых единиц. Положение с плодородием почв КЧР ухудшается: имеет место процесс «выпахивания» – обезструктурирование, переуплотнение, почвоутомление в результате использования почв при низком поступлении источников гумуса (органических удобрений и послеуборочных остатков). Значительная часть посевной площади сосредоточена в Прикубанском районе (по зерну, сахарной свекле и подсолнечнику), Адыге-Хабльском районе (подсолнечнику и зерну) и Хабезском районе (по овощам, картофелю и подсолнечнику). В Зеленчукском районе находятся в основном площади под картофель и овощи. Высокая урожайность зерна наблюдается в Прикубанском и Усть-Джегутинском, сахарной свеклы в Ногайском и Абазинском, подсолнечника – в Усть-Джегутинском и Прикубанском, по картофелю – в Малокарачаевском и по овощам – в Хабезском районах. Основными направлениями повышения эффективности использования земельных ресурсов являются: освоение горных территорий на основе государственного регулирования земельных отношений; сохранение и восстановление плодородия сельскохозяйственных земель и агроландшафтов; экологическое ресурсосбережение, сохранение окружающей среды и производство экологически чистой продукции и ее переработки.

Ключевые слова: растениеводство, земельные ресурсы, почва, посевная площадь, ресурсосбережение

The main directions of increase of efficiency of use of land resources in the Karachay-Cherkess republic

Vasiliy M. Bautin¹

Irina Sh. Dzakhmisheva²

Angela A. Akbasheva³

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

² The Kabardino-Balkarian state agricultural university of V.M. Kokov, Nalchik, Russia

³ Moscow financial and industrial university "Sinergiya" Karachay-Cherkess branch, Cherkessk, Russia

Summary. The present article is devoted to a problem of increase of efficiency of use of land resources in the Karachay-Cherkess Republic. Formation of the land relations especially actually for land-poor and mountain regions which number the Karachay-Cherkess Republic (KChR) treats. Arable lands of KChR are presented by various types and subtypes of soils: chernozems typical, chernozems ordinary, chernozems mountain, meadow and chernozem soils. The negative balance of a humus is noted actually in all areas and farms of the republic while its reduction even for 0,1% is followed by decrease in productivity to 1,2 centners of conventional grain units. Situation with fertility of soils of KChR worsens: process of "vypakhivaniye" – an obesstrukturivaniye, reconsolidation, a pochvoutomleniye as a result of use of soils at low receipt of sources of a humus (organic fertilizers and the postharvest remains) takes place. The considerable part of a cultivated area is concentrated in the Prikubansky area (on grain, sugar beet and sunflower), the Adyghe Hablsky area (sunflower and grain) and the Habezsky area (on vegetables, potatoes and sunflower). In the Zelenchuksky area are in the area basic under potatoes and vegetables. High productivity of grain is observed in Prikubanskom and Ust-Dzhegutinsk, sugar beet in Nogai and Abazin, sunflower – in Ust-Dzhegutinsky and Prikubansky, on potatoes – in Low-Karachay and on vegetables – in Habezskom areas. The main directions of increase of efficiency of use of land resources are: development of mountain territories on the basis of state regulation of the land relations; preservation and restoration of fertility of farmlands and agrolandscapes; ecological resource-saving, preservation of environment and production of environmentally friendly production and its processing.

Keywords: plant growing, land resources, soil, cultivated area, resource-saving

Для цитирования

Баутин В.М., Дзахмишева И.Ш., Акбашева А.А. Основные направления повышения эффективности использования земельных ресурсов в Карачаево-Черкесской республике // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 377–381. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-377-381

For citation

Bautin V.M., Dzakhmisheva I.Sh., Akbasheva A.A. The main directions of increase of efficiency of use of land resources in the Karachay-Cherkess republic. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 377–381. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-377-381

Введение

Растениеводство, как известно, является ведущей отраслью сельского хозяйства, служит сырьевой базой для многих отраслей промышленности и обеспечивает наряду с другими отраслями сельского хозяйства продовольственную безопасность страны. Материальной основой растениеводческой отрасли являются земельные, водные и климатические ресурсы. Качество земельных ресурсов приобретает особую социально-экономическую и политическую значимость.

Развитие отечественного растениеводства характеризуется: крупномасштабной деградацией и потерей сельскохозяйственных угодий, уменьшением содержания в почве питательных веществ и гумуса, повышением кислотности, падением естественного плодородия, неразвитостью системы семеноводства и селекции, неэквивалентностью межотраслевого обмена, высоким уровнем износа материальной и технической базы, недостаточным инвестиционным потенциалом, значительными производственно-финансовыми рисками и другими разрушительными атрибутами аграрной политики.

Результаты и обсуждение

Применение техногенных факторов интенсификации, снижение культуры земледелия, отсутствие севооборотов, природно-защитных систем земледелия, нарушение систем химизации сельского хозяйства нарушает экологическое равновесие в зоне интенсивного земледелия. В сложившейся экономической ситуации формирование земельных отношений особенно актуально для малоземельных и горных регионов, к числу которых относится Карачаево-Черкесская Республика (КЧР).

В условиях малоземелья особое значение для Карачаево-Черкесской Республики имеет освоение горных земельных ресурсов, степень хозяйственного использования которых очень мала. Это связано со сложными природными и экономическими условиями. Отвод пашни под строительство промышленных объектов, жилищное строительство, прокладка линий связи и т. д. также негативно влияют на развитие растениеводства в КЧР.

Пахотные земли КЧР представлены различными типами и подтипами почв: черноземы типичные – 53,42 тыс. га (38,6%), черноземы обыкновенные – 43,73 тыс. га (31,6%), черноземы горные – 16,77 тыс. га (12,1%), лугово-черноземные почвы – 4,48 тыс. га (3,2%) [1].

Средневзвешенное содержание гумуса в почвах составляет 4,6%, и оно стабильно в 2010–2017 годах. Наибольшее содержание гумуса наблюдается в Прикубанском районе (4,9%), наименьшее – в Усть-Джегутинском (4,1%) и Хабезском районах (4,3%) [1].

Посевные площади в 2016 году в сравнении с 2012 годом увеличились, и это произошло за счет их роста в 1,8 раза в К(Ф)Х и у ИП. При этом если в 2012 году больше половины (55,3%) посевных площадей было сосредоточено в сельскохозяйственных организациях, то в 2016 году – в К(Ф)Х и у ИП (50,5%). В К(Ф)Х и у ИП выросли площади под зерновые культуры в 2 раза, под технические культуры – в 1,8 раза, под кормовые культуры – в 1,9 раза [6]. Таким образом, основные посевные площади сосредоточены в К(Ф)Х и у ИП, за исключением площадей под картофель и овощебахчевые культуры, 71,7% которых закреплены за хозяйствами населения. Площади под картофель сократились во всех категориях хозяйств: в сельскохозяйственных организациях – на 53,7%, в хозяйствах населения – на 4,6%, в К(Ф)Х и у ИП – на 6,2%. Более половины посевных площадей сельскохозяйственных организаций (36,6 тыс. га или 67,3%) засеивается зерновыми и зернобобовыми культурами. Хозяйства населения занимаются выращиванием картофеля и овощей на площади 12,4 тыс. га (что составляет 89,2% имеющихся у них площадей). К(Ф)Х и ИП большую часть посевных площадей (63,5% от имеющихся земель в их распоряжении), что соответствует 43,6 тыс. га, используют в целях выращивания зерновых и зернобобовых культур [2] (таблица 1).

Несмотря на тот факт что 57,9% площадей под технические культуры сосредоточены в К(Ф)Х и у ИП, они выращивают лишь 36,9% от всего объема сахарной свеклы и 64% подсолнечника, а сельхозорганизации, обладая 40,9% посевной площади под технические культуры, выращивают 63,1% сахарной свеклы и 33,9% подсолнечника от общего объема производства.

В 2016 году посеянной площади было на 12,6% меньше, чем в предыдущем году за счет сокращения площади под зерновые и зернобобовые на 13,8%, под кукурузу на зерно – на 5,3%, под сахарную свеклу – на 12,2%, под подсолнечник – на 38,5%, под картофель – на 13,8%. И только под овощи были увеличены посевные площади на 48,0%.

Динамика посевной площади продукции растениеводства по категориям хозяйств в КЧР

Table 1.

Dynamics of crop production acreage by categories of farms in KCR

Виды культур растениеводства Types of crop production	Абсолютные значения, тыс. га Absolute values, thousand hectares		Изменение (+,-), тыс. га. Change (+, -), thousand hectares.	Темп роста, % Growth rate, %	Структура, % Structure, %		Изменение структуры, п.п. Restructuring
	2012	2016	2016/2012		2012	2016	2016/2012
Сельскохозяйственные организации Agriculture organization							
Вся посевная площадь Total sown area	67,4	54,4	-13	80,7	55,3	39,4	-15,9
Зерновые культуры Grain crop	34,6	36,6	+2,0	105,8	59,6	45,0	-14,5
Технические культуры Industrial crop	13,7	9,6	-4,1	70,1	64,0	40,9	-23,2
Картофель и овощебахчевые культуры Potatoes and vegetables-melons	4,1	1,9	-2,2	46,3	20,2	11,0	-9,2
Кормовые культуры Fodder crop	11,5	6,3	-5,2	54,8	69,7	39,6	-30,1
Хозяйства населения Households							
Вся посевная площадь Total sown area	15	13,9	-1,1	92,7	12,3	10,1	-2,2
Зерновые культуры Grain crop	1,5	1,1	-0,4	73,3	2,6	1,4	-1,2
Технические культуры Industrial crop	0,2	0,3	+0,1	150,0	0,9	1,3	+0,3
Картофель и овощебахчевые культуры Potatoes and vegetables-melons	13	12,4	-0,6	95,4	64,0	71,7	+7,6
Кормовые культуры Fodder crop	0,1	0,2	+0,1	200,0	0,6	1,3	+0,7
К(Ф)Х и ИП							
Вся посевная площадь Total sown area	39,5	69,7	+30,2	176,5	32,4	50,5	+18,1
Зерновые культуры Grain crop	22	43,6	+21,6	198,2	37,9	53,6	+15,8
Технические культуры Industrial crop	7,5	13,6	+6,1	181,3	35,0	57,9	+22,8
Картофель и овощебахчевые культуры Potatoes and vegetables-melons	3,2	3	-0,2	93,8	15,8	17,3	+1,6
Кормовые культуры Fodder crop	4,9	9,4	+4,5	191,8	29,7	59,1	+29,4

Сравнивая засеянные и неубранные площади, рассчитанные разницей между площадью засева и убранной площадью, приходим к выводу, что в 2014 году неубранной площади было на 9414 га больше показателя предыдущего года [3].

Самый высокий удельный вес неубранной площади и площади, на которой погибли посевы, наблюдался в 2012 году, когда воздействовала засуха (26,0% и 23,7%). В 2016 году наблюдалось второе значение показателей по ранжированию: 12,1% неубранной площади и 16,6% площади, на которой погибли посевы. Больше всего в 2016 году погибло посевов на площади под подсолнечник (28,1% всех засеянных площадей), зерновые и зернобобовые культуры (24,8%), сахарную свеклу (20,2%). Неубранные площади под овощи в 2016 году, напротив, уменьшились на 12,3 п.п., на столько же уменьшились площади, на которых погибли посевы овощей. Однако этот факт не повлиял на динамику исследуемых показателей в 2016 году и в сравнении с 2015 годом увеличился на 18,7 п.п. По сравнению с 2010 годом доля неубранной площади уменьшилась на 13,9 п.п. Аналогичная динамика наблюдается и по доле площади, на которой погибли посевы: в 2016 году она уменьшилась на 7,1 п.п. в сравнении с 2012 годом, а в сравнении с предыдущим годом увеличилась на 16,0 п.п. [3, 4].

Итак, посеянная площадь сельскохозяйственных организаций в 2016 году уменьшилась на 7781 га или на 12,6% в сравнении с 2015 годом, а убранная площадь – на 17195 га или на 26,5% [4]. Убранная площадь в целом уменьшилась вследствие ее сокращения под посевы всех основных видов культур растениеводства, за исключением убранной площади под овощи.

Посевные площади сельскохозяйственных организаций под картофель и овощные культуры сократились в 2016 году в сравнении с предыдущим годом на 29,6% или на 800 га, что послужило причиной потери урожая картофеля на 33,7% или на 11,3 тыс. т, несмотря на увеличение на 600 т или на 37,5% производства овощей [5].

Заключение

Решение проблемы малоземелья и освоения горных территорий должно быть на основе государственного регулирования земельных отношений по следующим направлениям: экономическая поддержка сельскохозяйственных производителей различных форм собственности; дотирование элитного семеноводства; льготное кредитование новых хозяйств и понесших убытки в силу изменения рыночной конъюнктуры; финансирование затрат, направленных на повышение плодородия почвы

и развитие орошения; формирование страховой системы в растениеводстве; возделывание сельскохозяйственных культур с использованием сортов и гибридов, адаптированных к суровым горным условиям.

Сохранение и восстановление плодородия сельскохозяйственных земель и агроландшафтов предлагается за счет: возврата в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых сельскохозяйственных угодий; сохранения и восстановления плодородных свойств почв земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов; создания материально-технической базы для использования новейших интенсивных технологий производства сельскохозяйственных культур [9]; сокращения выбытия земель из сельскохозяйственного оборота от водной и ветровой эрозии; наращивания и качественного улучшения гидромелиоративного фонда; агрохимической мелиорации земель.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Акбашева А.А., Дзахмишева И.Ш. Повышение эффективности функционирования растениеводческого подкомплекса АПК. Нальчик: Принт Центр, 2016. 228 с.
- 2 Основные показатели сельского хозяйства в России в 2016 году: Стат. сб. М.: Росстат, 2016. 66 с.
- 3 Основные показатели сельского хозяйства в КЧР в 2016 году. Черкесск, 2016.
- 4 Отчет о прибылях и убытках сельскохозяйственных организаций всех форм собственности КЧР (2010–2016 гг.).
- 5 Продукция сельского хозяйства в 2016 году: Стат. сб. М.: Росстат, 2016.
- 6 Посевные площади, валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур в РФ в 2016 году (предварительные данные). М.: Росстат, 2016.
- 7 Регионы России. Социально-экономические показатели: Стат.сб. М., 2016, 200 с.
- 8 Рупошев А.Р. Основные принципы ресурсосбережения при производстве растительного сырья // Ваш сельский консультант. 2010. № 4. С. 6–7.
- 9 Свободин В.А. Интенсификация и эффективность – основа процесса воспроизводства сельского хозяйства // Социальная политика и социология. 2012. № 6.
- 10 Wesseler J., Drabik D. Prices matter: Analysis of food and energy competition relative to land resources in the European Union // NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences. 2016. V. 77. P. 19-24.
- 11 Fu J., Jiang D., Huang Y., Zhuang D., Ji W. Evaluating the marginal land resources suitable for developing bioenergy in Asia // Advances in Meteorology. 2014. V. 2014.
- 12 Hegde R., Niranjana K.V., Natarajan A., Singh S.K. Detailed land resources inventory for effective planning of land based rural development programs // Conference GSI. 2016. P. 24-28.
- 13 Goh C.S., Junginger M., Potter L., Faaij A., Wicke B. Identifying key factors for mobilising under-utilised low carbon land resources: A case study on Kalimantan // Land Use Policy. 2018. V. 70. P. 198-211.

Одним из направлений повышения эффективности использования земельных ресурсов является экологическое ресурсосбережение [8–13], сохранение окружающей среды, производство экологически чистой продукции и ее переработка. Уменьшение техногенной нагрузки в сельскохозяйственном производстве сохранит восстановительные силы экосистемы, а это, в свою очередь, будет способствовать получению дополнительной прибыли землепользователем. Растениеводство, как и процесс переработки произведенного сырья, было сформировано на основе стихийного использования экологических принципов. Использование экологических способов в процессе производства представляется особенно эффективным для крестьянско-фермерских хозяйств, так как они занимаются малообъемным производством и переработкой экологически чистой продукции.

REFERENCES

- 1 Akbasheva A.A., Dzahmisheva I.Sh. Povyshenie ehffektivnosti funkcionirovaniya rastenievodcheskogo podkompleksa APK [Improving the efficiency of the plant-growing sub-complex of the agro-industrial complex]. Nal'chik, Print Centr, 2016. 228 p. (in Russian)
- 2 Osnovnye pokazateli sel'skogo hozyajstva v Rossii v 2016 godu [Main indicators of agriculture in Russia in 2016]. M., Rosstat, 2016. 66 p. (in Russian).
- 3 Osnovnye pokazateli sel'skogo hozyajstva v KCHR v 2016 godu [The main indicators of agriculture in the KCR in 2016]. Cherkessk, 2016. (in Russian).
- 4 Otchet o pribylyah i ubytkah sel'skohozyajstvennykh organizacij vseh form sobstvennosti KCHR (2010–2016 gg.) [Profit and loss statement of agricultural organizations of all forms of ownership of KCR (2010–2016)]. (in Russian).
- 5 Produkciya sel'skogo hozyajstva v 2016 godu [Agricultural products in 2016]. M., Rosstat, 2016. (in Russian).
- 6 Posevnye ploshchadi, valovye sbory i urozhajnost' sel'skohozyajstvennykh kul'tur v RF v 2016 godu (predvaritel'nye dannye) [Sown area, gross yield and crop yield in the Russian Federation in 2016 (preliminary data)]. M., Rosstat, 2016. (in Russian).
- 7 Regiony Rossii. Social'no-ehkonomicheskie pokazateli [Regions of Russia. Socio-economic indicators]. M., 2016. 200 p. (in Russian).
- 8 Ruposhev A.R. The basic principles of resource conservation in the production of plant materials. *Vash sel'skij konsul'tant* [Your rural consultant] 2010. no. 4. pp. 6-7. (in Russian)
- 9 Svobodin V.A. Intensification and efficiency - the basis of the process of agricultural reproduction. *Social'naya politika i sociologiya* [Social Policy and Sociology] 2012. no. 6. (in Russian)
- 10 Wesseler J., Drabik D. Prices matter: Analysis of food and energy competition relative to land resources in the European Union. NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences. 2016. vol. 77. pp. 19-24.
- 11 Fu J., Jiang D., Huang Y., Zhuang D., Ji W. Evaluating the marginal land resources suitable for developing bioenergy in Asia. *Advances in Meteorology*. 2014. vol. 2014.

12 Hegde R., Niranjana K.V., Natarajan A., Singh S.K. Detailed land resources inventory for effective planning of land based rural development programs. Conference GSI. 2016. pp. 24-28.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Василий М. Баутин профессор, кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Ирина Ш. Дзахмишева профессор, кафедра товароведения и экспертизы товаров, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, г. Нальчик, Россия

Ангела А. Акбашева доцент, кафедра финансов и кредита, Московский финансово-промышленный университет «Синергия», Карачаево-Черкесский филиал, г. Черкесск, Россия

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 14.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 07.05.2018

13 Goh C.S., Junginger M., Potter L., Faaij A., Wicke B. Identifying key factors for mobilising under-utilised low carbon land resources: A case study on Kalimantan. Land Use Policy. 2018. vol. 70. pp. 198-211.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Vasiliy M. Bautin professor, department of management, organization of production and sectoral economics, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Irina Sh. Dzakhmisheva professor, department of commodity research and examination of goods, The Kabardino-Balkarian state agricultural university of V.M. Kokov, Nalchik, Russia

Angela A. Akbasheva associate professor, department of finance and credit, Moscow financial and industrial university "Sinergiya" Karachay-Cherkess branch, Cherkessk, Russia

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.14.2018

ACCEPTED 5.7.2018

Анализ динамики и тенденций изменения ВРП Воронежской области на основе модели авторегрессии первого порядка

Наталья В. Слинькова¹ slinat@yandex.ru

¹ Воронежский филиал Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, ул. Карла Маркса, 67А, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. В статье рассмотрена проблема анализа динамики и прогнозирования основного показателя уровня развития региональной экономики – валового регионального продукта (ВРП). Описано влияние инвестиционного фактора, рассмотрены существующие подходы к данной проблеме на примере нескольких публикаций последних лет. Проанализирована специфика взаимовлияния показателей валового регионального продукта и объемов инвестиций, отмечена важность долгосрочного влияния инвестиций на динамику экономических показателей региона. Описаны свойства авторегрессионных моделей, рассмотрены возможности применения авторегрессионной модели первого порядка для анализа динамики и прогнозирования валового регионального продукта Воронежской области с учетом фактора объемов инвестиций в основной капитал. На основе статистических данных за 2000-2016 гг. построены модели авторегрессии с применением метода инструментальных переменных для преодоления присущей таким моделям мультиколлинеарности. Проанализированы различные подходы к построению авторегрессионной модели, сделаны выводы о качестве полученных моделей. Предложенная модель авторегрессии характеризуется высокими показателями качества и адекватности, с ее помощью составлен точечный и интервальный прогноз ВРП. На основе полученной модели определены значения краткосрочного и долгосрочного мультипликаторов инвестиций. Полученные значения мультипликаторов в очередной раз подтверждают важность инвестиционной политики для экономики региона и позволяют количественно оценить эффект от вложенных средств. Использование данной модели может быть полезным как в рамках дескриптивного, так и нормативного подхода в моделировании экономики региона.

Ключевые слова: валовой региональный продукт, инвестиционная деятельность, инвестиции, модели регрессии, корреляционно-регрессионный анализ, авторегрессия, авторегрессионная модель первого порядка, анализ динамики, прогнозирование

Analysis of the dynamics and trends of the Voronezh region GRP changes on the basis of the first order autoregressive model

Natalia V. Slinkova¹ slinat@yandex.ru

¹ Voronezh branch Of the Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov, Karl Marx str., 67A, Voronezh, 394036, Russia

Summary. The article considers the possibilities of using the first-order autoregressive model for analyzing the dynamics and forecasting of the main indicator of the level of development of the regional economy - gross regional product (GRP). The influence of the investment factor is described, the existing approaches to this problem are considered on the example of several publications of recent years. The specifics of the mutual influence of the gross regional product and investment volumes are analyzed, the importance of the long-term impact of investments on the dynamics of the region's economic indicators is noted. The properties of autoregressive models are described, the possibilities of using the first-order autoregressive model for analyzing the dynamics and forecasting of the gross regional product of the Voronezh region are considered, taking into account the factor of investment in fixed assets. Based on the statistical data for 2000-2016, autoregression models are constructed using the instrumental variables method to overcome the multicollinearity inherent in such models. Various approaches to constructing an autoregressive model are analyzed, and conclusions are drawn about the quality of the models obtained. The proposed model of autoregression is characterized by high quality and adequacy indicators, with its help a point and interval GRP is compiled. On the basis of the obtained model, the values of short-term and long-term investment multipliers are determined. The received values of multipliers once again confirm the importance of investment policy for the regional economy and allow quantifying the effect of invested funds. The use of this model can be useful both within the descriptive and normative approach in modeling the regional economy.

Keywords: gross regional product, investment activity, investments, regression models, correlative and regression analysis, autoregression, first order autoregressive model, dynamics analysis, forecasting

Введение

Валовой региональный продукт (ВРП) является главным макроэкономическим показателем динамики и уровня развития экономики. Он отражает результат воздействия целого комплекса факторов, среди которых ведущим является объем инвестиций в основной капитал. Поскольку инвестиции являются мультипликатором экономического развития, увеличение объема инвестиций в экономику

прямо пропорционально влияет на объемы валового регионального продукта и в текущем, и в последующих периодах. При этом можно утверждать, что такое влияние является взаимным – увеличение объемов ВРП, в свою очередь, стимулирует приток инвестиций в экономику региона и способствует дальнейшему росту ВРП.

Ввиду высокой степени корреляции между показателями объемов инвестиций и ВРП, а также прямой зависимости между

Для цитирования

Слинькова Н.В. Анализ динамики и тенденций изменения ВРП Воронежской области на основе модели авторегрессии первого порядка // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 382–385. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-382-385

For citation

Slinkova N.V. Analysis of the dynamics and trends of the Voronezh region GRP changes on the basis of the first order autoregressive model. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 382–385. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-382-385

ними, в некоторых работах [1–3] предлагается использовать модель линейной регрессии для анализа данных показателей. Однако такой подход не дает информации о долгосрочном влиянии инвестиционной деятельности на экономику, не учитывает инерционности, присущей сложной системе экономики государства или региона, а также мультипликативной роли инвестиций.

Вышесказанное позволяет сделать предположение о целесообразности использования авторегрессионной модели для анализа динамики и прогнозирования объемов ВРП. Целью данной работы является изучение возможностей использования авторегрессионных моделей для анализа и прогнозирования состояния экономики региона, а также построение такой модели по данным Воронежской области, оценка адекватности и качества модели.

Теоретический анализ и исходные данные

Включение в эконометрические модели значений результативной переменной в предыдущие моменты времени в качестве факторов возможно с помощью моделей авторегрессии. Модели этого типа описывают случаи, когда влияние причины на следствие является пролонгированным. В общем случае модель авторегрессии можно представить в следующем виде:

$$y = a + b_0x_t + c_1y_{t-1} + \dots + c_ny_{t-n}, \quad (1)$$

где n – порядок модели авторегрессии.

Таким образом, с помощью подобной модели можно учесть инерционность изучаемого явления, когда уровень результативного показателя в текущем периоде в значительной степени зависит от его уровней, достигнутых в предыдущих периодах.

Описанные свойства авторегрессионных моделей во многом соответствуют основополагающим характеристикам динамики валового регионального продукта. Рассмотрим построение модели авторегрессии на примере показателей валового регионального продукта и инвестиций в основной капитал в Воронежской области (таблица 1) [4].

Воронежская область является динамично развивающимся регионом с диверсифицированной экономикой. В течение всего периода с 2000 года в области не наблюдалось снижения ВРП даже в кризисные для экономики РФ годы. Объемы инвестиций в основной капитал также стабильно возрастали в рассматриваемом периоде. Таким образом, можно говорить о высокой устойчивости экономики региона (рисунок 1).

Таблица 1.

Показатели экономического развития
Воронежской области за 2000–2016 гг.

Table 1.

Indicators of economic development of the
Voronezh region for 2000-2016

Годы Years	Инвестиции в осн. капитал, млн руб. Investments in fixed assets, mln. rubles	ВРП, млн руб. GRP, mln. rubles
2000	8 262,00	49 523,90
2001	10 409,00	60 014,60
2002	15 964,00	83 001,10
2003	19 756,00	100 143,30
2004	21 845,00	117 197,60
2005	28 652,00	133 586,60
2006	38 867,04	166 176,50
2007	65 319,29	222 811,90
2008	94 168,00	287 072,10
2009	94 788,00	301 729,10
2010	125 825,50	346 568,20
2011	155 244,86	474 973,90
2012	182 334,32	563 965,40
2013	216 983,05	611 720,40
2014	240 272,22	717 667,20
2015	264 659,81	805 969,60
2016	270 992,14	841 375,70
2017	294168,51	—*

*На момент написания статьи официальные данные о размере ВРП Воронежской области за 2017 г. отсутствуют

* At the time of writing, official data on the The amount of GRP of the Voronezh region for 2017 are absent

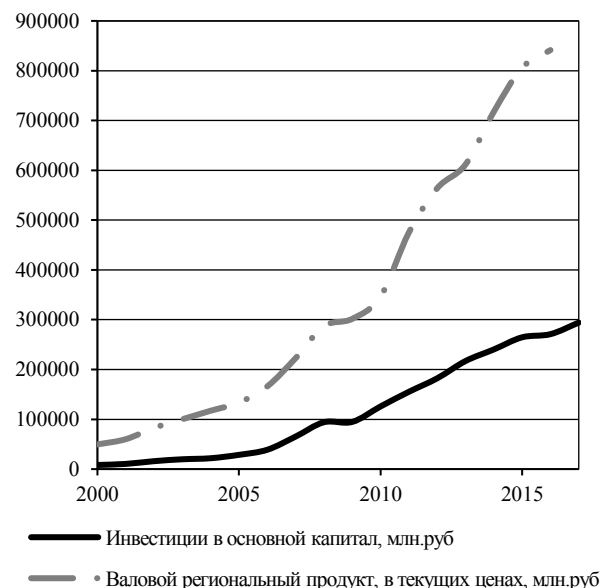


Рисунок 1. Динамика ВРП Воронежской области и объемов инвестиций в основной капитал [4]

Figure 1. Dynamics of GRP of the Voronezh region and the volume of investment in fixed capital

Экспериментальная часть

Можно отметить, что направление динамики ВРП и объема инвестиций в основной капитал в Воронежской области имеет схожие характеристики, коэффициент линейной корреляции для рассматриваемых показателей составляет 0,997. Построим по имеющимся данным двухфакторную авторегрессионную модель первого порядка AR(1), учитывающую влияние инвестиций в основной капитал и значений ВВП в предыдущем периоде. Модель будет иметь вид $y_t = a + b_0x_t + c_1y_{t-1} + \varepsilon_t$, где x_t – объем инвестиций в основной капитал, млн руб., y_t – ВРП Воронежской области в текущем периоде, млн руб., y_{t-1} – ВРП Воронежской области в предыдущем периоде, млн руб., ε_t – случайная (стохастическая) компонента.

Наличие лаговых значений результативного признака в правой части уравнения приводит к нарушению предпосылки МНК о делении переменных на результативную (стохастическую) и факторные (нестохастические) [5, с. 325]. Кроме того, существует корреляционная зависимость между лаговыми переменными и ошибкой [6, с. 191]. Присутствие таких свойств у авторегрессионных моделей делает невозможным получение несмещенных, эффективных и состоятельных оценок параметров модели с помощью обычного МНК. Одним из способов преодоления данной проблемы является использование инструментальных переменных [7, с. 212]. Такие переменные должны в значительной степени коррелировать с исходными переменными, но не должны иметь корреляционной связи с ошибкой модели. В качестве инструментальной переменной возьмем переменную $\hat{y}_{t-1}$, определяемую соотношением $\hat{y}_{t-1} = d_0 + d_1x_{t-1}$, в котором коэффициенты d_0 и d_1 получены с помощью обычного МНК. Получим уравнение инструментальной переменной $\hat{y}_{t-1} = 38737,9 + 2,793 x_{t-1}$.

В [5, с. 327] отмечена проблема мультиколлинеарности факторов $\hat{y}_{t-1}$ и x_t , которая возникает вследствие функциональной зависимости между $\hat{y}_{t-1}$ и x_{t-1} . В тех же источниках предлагается для снижения негативного влияния мультиколлинеарности на оценки параметров включать в модель фактор времени в качестве независимой переменной (t). Поэтому далее будут рассмотрены два вида уравнения авторегрессии $y_t = a + b_0x_t + c_1\hat{y}_{t-1} + \varepsilon_t$ и $y_t = a + b_0x_t + c_1\hat{y}_{t-1} + c_2t + \varepsilon_t$.

При оценке параметров уравнения $y_t = a + b_0x_t + c_1\hat{y}_{t-1} + \varepsilon_t$ с ненулевой константой a выявлено, что значимость данной константы ниже заданного уровня значимости в 5%. Экономический смысл данного параметра также неочевиден, поэтому построена модель

с нулевым свободным членом. МНК получено следующее уравнение:

$$y_t = 0,917 x_t + 0,597 \hat{y}_{t-1} + 8111,334 t. \quad (2)$$

Полученная модель имеет высокие показатели значимости и адекватности: коэффициент детерминации R^2 равен 0,9986 (нормированный $R^2 = 0,92$), F-статистика Фишера составляет 3168,9 (табличное значение 3,49), средняя ошибка аппроксимации 5,8%. Все коэффициенты при факторных признаках модели также являются значимыми на уровне 5%. Однако проверка модели на автокорреляцию в остатках, проведенная с помощью критерия h Дарбина показала, что гипотеза об отсутствии автокорреляции отклоняется, поскольку $h = 4,95$, и нарушается условие $t_{\alpha/2} < h < t_{1-\alpha/2}$, где $t_{\alpha/2} = -1,96$, $t_{1-\alpha/2} = 1,96$ – квантили распределения Стьюдента порядка $\alpha/2, 1-\alpha/2$. Таким образом, оценки параметров данной модели не могут считаться несмещенными, т. к. нарушено одно из условий теоремы Гаусса-Маркова.

Найдем МНК оценки параметров уравнения авторегрессии без учета фактора времени, получим:

$$y_t = 29512,23 + 1,579 x_t + 0,485 \hat{y}_{t-1}. \quad (3)$$

Полученная модель также имеет высокие показатели значимости и адекватности: коэффициент детерминации равен 0,996, F-статистика Фишера составляет 1811,14 (табличное значение 3,49), средняя ошибка аппроксимации 6%. Все коэффициенты при факторных признаках модели являются значимыми на уровне 5%. Критерий h Дарбина для данного уравнения составляет 1,36, условие $t_{\alpha/2} < h < t_{1-\alpha/2}$, при $t_{\alpha/2} = -1,96$, $t_{1-\alpha/2} = 1,96$ выполняется. Таким образом, гипотеза об отсутствии автокорреляции в остатках принимается.

Для прогноза значений ВРП и интерпретации полученных оценок параметров будем использовать модель авторегрессии без учета фактора времени. Используя данные об объеме инвестиций в основной капитал в 2017 г., можно рассчитать прогнозное значение ВРП. Оно составит 902306,9 млн руб. Определим границы возможных значений ВРП по формуле:

$$\hat{y}_0 \pm t_{1-\alpha; n-k-1} \cdot S_{\hat{y}_0} \quad (4)$$

где $\hat{y}_0$ – расчетное значение прогноза; $t_{1-\alpha; n-k-1}$ – значение t -критерия Стьюдента на уровне значимости α при числе степеней свободы $n-k-1$ (n – число наблюдений, k – число параметров модели); $S_{\hat{y}_0}$ – выборочная среднеквадратическая ошибка, рассчитанная по формуле:

$$S_{\hat{y}_0} = S_{ocm} \cdot \sqrt{1 + X_0^T (X^T X)^{-1} X_0} \quad (5)$$

где S_{ocm} – остаточная сумма квадратов отклонений.

При заданном уровне значимости ($\alpha = 0,05$) значение ВРП за 2017 г. будет находиться в пределах от 854559,52 млн руб. до 950054,27 млн руб.

Важным свойством полученной модели является возможность оценки масштабов влияния инвестиций в основной капитал на динамику ВРП в краткосрочной и долгосрочной перспективе [8]. Увеличение инвестиций на 1 млн руб. приводит к росту ВРП в текущем периоде в среднем на 1,58 млн руб. и на 3,07 млн руб. в долгосрочной перспективе.

ЛИТЕРАТУРА

1 Сафина Г.Ф., Сафина И.И. Анализ зависимости ВВП от инвестиций в науку на основе многофакторной регрессионной модели // Достижения и приложения современной информатики, математики и физики: материалы VI Всероссийской научно-практической заочной конференции. 2017. С. 66–72.

2 Шеховцова Ю.А. Моделирование зависимости ВВП от инвестиций в условиях современной российской экономики // Экономические науки. 2012. № 86. С. 172–177.

3 Козина А.Т. Эконометрический анализ валового внутреннего продукта России и его взаимосвязей с инвестициями в основной капитал, численностью занятого в экономике населения, добычей нефти и газа // Экономический анализ: теория и практика. 2016. № 2 (449). С. 183–196.

4 Федеральная служба государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru/>

5 Эконометрика: учебник; под ред. И.И. Елисеевой. М.: Финансы и статистика, 2002. 344 с.

6 Кремер Н.Ш., Путко Б.А. Эконометрика: учебник для вузов; под ред. проф. Н.Ш. Кремера. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. 311 с.

7 Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика. Начальный курс. 6-е изд., перераб. и доп.: учебник. М.: Дело, 2004. 576 с.

8 Васильев М.П. Анализ влияния внешних факторов на эффективность использования ресурсного потенциала и экономический рост региона // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 1 (71). С. 422–425. doi: 10.20914/2310-1202-2017-1-422-425

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Наталья В. Слинкова ст. преподаватель, кафедра информационных технологий в экономике, Воронежский филиал Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, ул. Карла Маркса, 67А, г. Воронеж, 394036, Россия, slinat@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Наталья В. Слинкова полностью подготовила рукопись и несет ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 19.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 15.08.2018

Заключение

В работе рассмотрена возможность применения модели авторегрессии первого порядка для анализа динамики и прогнозирования валового регионального продукта с учетом фактора инвестиций в основной капитал. Построенная авторегрессионная модель характеризуется высокими показателями качества и адекватности, с ее помощью составлен точечный и интервальный прогноз ВРП, проведена оценка мультипликатора инвестиций в краткосрочной и долгосрочной перспективе. Данная модель может быть использована как в рамках дескриптивного, так и нормативного подхода в моделировании экономики региона.

REFERENCES

1 Safina G.F., Safina I.I. Analysis of the dependence of GDP on investment in science based on a multi-factor regression model. Dostizheniya i prilozheniya sovremennoi informatiki, matematiki i fiziki Materialy VI Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi zaочноi konferentsii [Achievements and applications of modern informatics, mathematics and physics: proceedings of the vi all-Russian scientific and practical correspondence conference]. 2017, pp. 66–72. (in Russian).

2 Shekhovtsova Yu.A. Modeling the dependence of GDP on investment in the modern Russian economy. *Ekonomicheskie nauki* [Economics]. 2012. no. 86. pp. 172–177. (in Russian).

3 Kozinova A.T. Econometric analysis of the gross domestic product of Russia and its interrelations with investments in fixed capital, the number of people employed in the economy, oil and gas production. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika* [Economic analysis: theory and practice]. 2016. no. 2 (449). pp. 183–196. (in Russian).

4 Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi statistiki [Federal State Statistics Service]. Available at: <http://www.gks.ru/> (in Russian).

5 *Ekonometrika* [Econometrics]. M., Finansy i statistika, 2002. 344 p. (in Russian).

6 Kremer N.Sh., Putko B.A. *Ekonometrika* [Econometrics]. M., YUNITI-DANA, 2002. 311 p. (in Russian).

7 Magnus Ya.R., Katyshev P.K., Peresetskii A.A. *Ekonometrika. Nachal'nyi kurs* [Econometrics. Initial course]. M., Delo, 2004. 576 p. (in Russian).

8 Vasil'ev M.P. Analysis of the influence of external factors on the efficiency of using the resource potential and economic growth of the region. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2017. vol. 79. no. 1 (71). pp. 422–425. (in Russian). doi: 10.20914/2310-1202-2017-1-422-425

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Natalia V. Slinkova senior lecturer, information technologies in economics department, Voronezh branch Of the Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov, Karl Marx str., 67A, Voronezh, 394036, Russia, slinat@yandex.ru

CONTRIBUTION

Natalia V. Slinkova fully prepared the manuscript and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The author declares no conflict of interest.

RECEIVED 7.19.2018

ACCEPTED 8.15.2018

Проблематика оптимизации качества жизни в современной России сквозь призму экономической теории и практики

Татьяна А. Некрасова¹ nekrasova-tatiana@list.ru

¹ Воронежский государственный технический университет, Московский пр-т, 14, г. Воронеж, 394026, Россия

Реферат. В статье рассматриваются теоретико-экономические, социальные и практические аспекты повышения качества жизни как целевого критерия развития современной России. Утвержденная в 2008 году «Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» содержит задачи по достижению высоких стандартов благосостояния человека и социального благополучия, формированию экономики лидерства и инноваций, расширению экономической свободы и поддержанию социальной справедливости, переходу к инновационному социально ориентированному типу развития. Переход от ресурсно-сырьевой модели экономики к инновационной требует развития человеческого потенциала и повышения качества жизни населения на уровне показателей, характерных для развитых стран. Проведен сравнительный анализ целевых ориентиров развития человеческого потенциала, установленных Концепцией, с их фактическими значениями, опубликованными Федеральной службой государственной статистики: среднегодовой прирост валового внутреннего продукта, численность населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума, государственные расходы на образование, государственные расходы на здравоохранение, динамика коэффициента фондов. Проведенный анализ показал, что рассмотренные показатели развития человеческого потенциала и качества жизни населения в настоящее время не достигнуты. Это связано с неблагоприятными внешними и внутренними факторами, воздействующими на российскую экономику. Снижение цен на нефть и введение санкций против России усугубили структурные проблемы в экономике, что привело в 2014-2016 гг. к снижению курса национальной валюты, росту инфляции, снижению потребительского спроса, оттоку капитала и падению реальных доходов населения. Таким образом, необходимо корректировать Концепцию социально-экономического развития России с учетом сложившейся макроэкономической ситуации.

Ключевые слова: качество жизни, уровень жизни, человеческий потенциал, образование, здравоохранение, доходы населения, инновационное развитие

The problems of optimization the quality of life in modern Russia through the prism of economic theory and practice

Tatiana A. Nekrasova¹ nekrasova-tatiana@list.ru

¹ Voronezh state technical university, Moscow Av., 14 Voronezh, 394026, Russia

Summary. The article deals with theoretical and economic, social and practical aspects of improving the quality of life as a target criterion for the development of modern Russia. Approved in 2008, "The Concept of Long-Term Social and Economic Development of the Russian Federation for the Period to 2020" contains tasks to achieve high standards of human well-being and social well-being, the formation of a leadership and innovation economy, the expansion of economic freedom and maintenance of social justice, the transition to an innovative socially-oriented type of development. The transition from a resource-resource model of the economy to an innovation requires the development of human potential and the improvement of the quality of life of the population at the level of indicators characteristic of developed countries. In the article, a comparative analysis of the target targets for the development of human potential established by the Concept was carried out, with their actual values published by the Federal Service for State Statistics: the average annual increase in the gross domestic product, the population with cash incomes below the subsistence level, public spending on education, public expenditure on health, the dynamics of the coefficient of funds. The conducted analysis showed that the considered indicators of the development of human potential and the quality of life of the population have not been achieved at present. This is due to unfavorable external and internal factors affecting the Russian economy. The decline in oil prices and the imposition of sanctions against Russia exacerbated structural problems in the economy, which resulted in 2014-2016. to a depreciation of the national currency, an increase in inflation, a decrease in consumer demand, an outflow of capital and a fall in real incomes of the population. Thus, it is necessary to adjust the Concept of Russia's social and economic development taking into account the prevailing macroeconomic situation.

Keywords: quality of life, standard of living, human potential, education, health, income of the population, innovative development

Введение

Качество жизни населения – многоаспектное понятие, включающее в себя уровень потребления материальных благ, продолжительность жизни, состояние здоровья, условия окружающей среды, культурный и образовательный уровень, обеспеченность жильем. Соответственно оптимизация качества жизни – одна из приоритетных задач в контексте проблематики обеспечения инновационно ориентированной модернизации России, а также

совершенствования социально-экономических отношений в нашей стране [1].

Одна из первых научно обоснованных и фундированных интерпретаций качества жизни в РФ как целевого критерия социально-экономического развития нашей страны относится к 2004 году. Именно в этот период стали появляться федеральные нормативно-правовые и стратегические документы, направленные на достижение уровня безопасного и устойчивого развития [2], соответствующего статусу одной из ведущих мировых держав с привлекательным

Для цитирования

Некрасова Т.А. Проблематика оптимизации качества жизни в современной России сквозь призму экономической теории и практики // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 386–391. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-386-391

For citation

Nekrasova T.A. The problems of optimization the quality of life in modern Russia through the prism of economic theory and practice. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 386–391. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-386-391

образом жизни [3]. В 2008 году распоряжением Правительства была утверждена «Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года», в которой были поставлены следующие задачи: достижение высоких стандартов благосостояния человека и социального благополучия, формирование экономики лидерства и инноваций, расширение экономической свободы и поддержание социальной справедливости, переход к инновационному социально ориентированному типу развития [4].

Согласно данной Концепции высокие стандарты благосостояния человека означают, что качество жизни россиян к 2020 году должно достигнуть показателей, характерных для развитых экономик: высокие стандарты личной безопасности, доступность услуг образования и здравоохранения требуемого качества, необходимый уровень обеспеченности жильем, доступ к культурным благам и обеспечение экологической безопасности. Развитие человеческого

потенциала – одно из направлений перехода к новому типу экономического развития, нацеленного на создание благоприятных условий для развития способностей каждого человека, улучшения жизни российских граждан и качества социальной среды [4].

Результаты и обсуждение

Рассмотрим целевые ориентиры развития человеческого потенциала, установленные в «Концепции социально-экономического развития Российской Федерации» (таблица 1):

- среднегодовой прирост валового внутреннего продукта (ВВП), %;
- численность населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума;
- государственные расходы на образование, в % от ВВП;
- государственные расходы на здравоохранение, в % от ВВП;
- динамика коэффициента фондов [4].

Таблица 1.

Целевые ориентиры развития человеческого потенциала, средние за период 2007–2010 гг

Table 1.

Target indicators of human development, average for the period 2007–2010

Показатель Index	2007 г. year	2008–2010 г. years	2011–2015 г. years	2016–2020 г. years
ВВП, среднегодовой прирост, % GDP, average annual growth, %	8,1	6,8	6,4	6,3
Реальные располагаемые доходы населения, среднегодовой прирост, % Real disposable income of the population, average annual growth, %	10,7	10,0	7,0	6,7
Численность населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума The population with cash incomes below the subsistence level	15,2	10,4	7,8	6,2
Государственные расходы на образование, в % к ВВП Public expenditure on education, in % of GDP	4,1	4,3	5,0	5,3
Государственные расходы на здравоохранение, в % к ВВП Public expenditure on health, in % of GDP	3,5	3,8	4,5	5,0
Коэффициент фондов, раз Index of funds, times	16,8	–	–	12,0

Проведем сравнительный анализ представленных в таблице 1 целевых ориентиров с их фактическими значениями, опубликованными Федеральной службой государственной статистики.

Проанализировав данные о динамике среднегодового прироста ВВП и инвестиций в основной капитал в России за период 2012–2017 гг. (рисунок 1), можно сделать вывод о том, что рост ВВП начал замедляться в 2012 году, а в инвестиционном секторе с начала 2014 года наблюдалась устойчивая отрицательная динамика [5]. Целевые значения среднегодового прироста ВВП на период 2011–2020 гг. составляют 6,3–6,4% в год, следовательно, за рассматриваемый период они не достигались.

Что касается реальных располагаемых денежных доходов населения в России, то они начинают снижаться с 2014 года, и уже в последние годы наблюдается их существенное

снижение (таблица 2) [6]. Так, в 2014 году они составляли 99,3% к значениям 2013 года, в 2017 году – 98,3% к значениям 2016 года. В среднем в данный период реальные располагаемые денежные доходы снижались ежегодно на 2,5%, при этом целевые значения составляют 6,7–7,0% их ежегодного прироста.

Таким образом, необходимо констатировать, что в анализируемом периоде времени данный целевой ориентир развития человеческого потенциала не достигнут.

К мерам, направленным на увеличение доходов населения нашей страны, можно отнести поэтапное повышение минимального размера труда (МРОТ) [7]. В мае 2018 года впервые в нашей стране МРОТ был приравнен к величине прожиточного минимума для трудоспособного населения и составил 11163 рубля (таблица 3) [6].

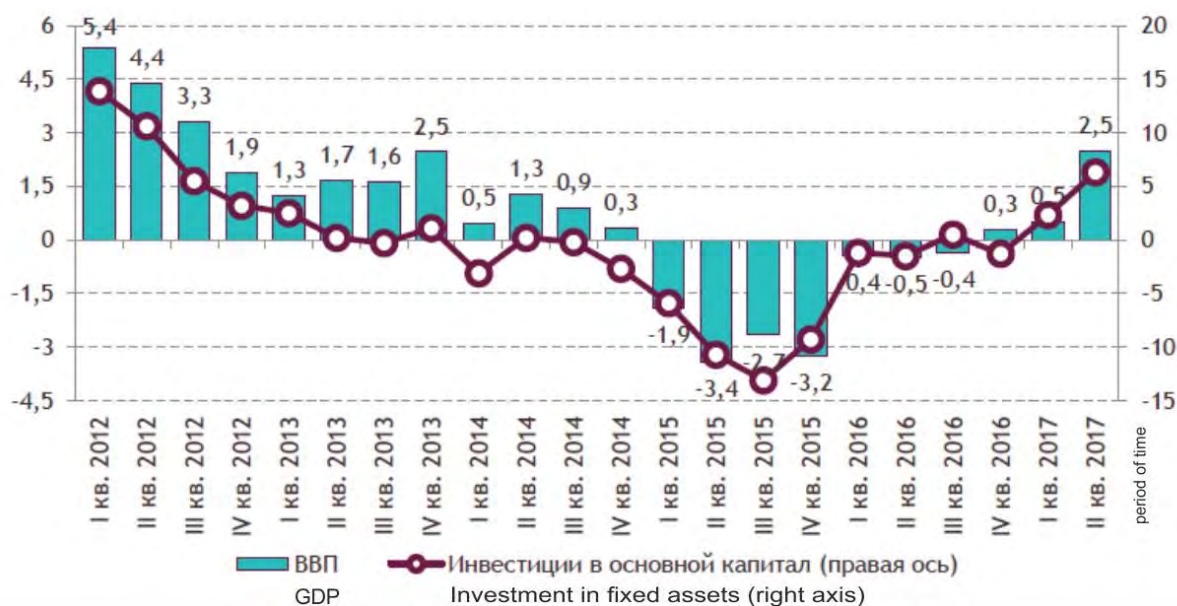


Рисунок 1. Динамика ВВП и инвестиций в основной капитал, в % к аналогичному кварталу предыдущего года
Figure 1. Dynamics of GDP and investments in fixed assets, % of the same quarter of the previous year

Таблица 2.
Реальные располагаемые денежные доходы по Российской Федерации, в % к предыдущему периоду
Table 2.
Real disposable money incomes in the Russian Federation, % to the previous period

Год Year	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Реальные располагаемые денежные доходы, % Real disposable money incomes, %	102,4	103,0	105,9	100,5	104,6	104,0	99,3	96,8	94,2	98,3

Таблица 3.
Минимальный размер оплаты труда в России, руб.
Table 3.
The minimum wage in Russia, rubles

Срок, с которого установлен минимальный размер оплаты труда The period from which the minimum wage is fixed	Сумма минимального размера оплаты труда (руб. в месяц) The amount of the minimum wage, rubles per month	Нормативный акт, установивший минимальный размер оплаты труда The normative act that established the minimum wage
С 1 мая 2018 г. From 1 May 2018	11163	Ст. 1 Федерального закона от 07.03.2018 № 41-ФЗ Art. 1 of the federal law
С 1 января 2018 г. From 1 January 2018	9489	Ст. 3 Федерального закона от 28.12.2017 № 421-ФЗ Art. 3 of the federal law
С 1 июля 2017 г. From 1 July 2017	7800	Ст. 1 Федерального закона от 19.12.2016 № 460-ФЗ Art. 1 of the federal law
С 1 июля 2016 г. From 1 July 2016	7500	Ст. 1 Федерального закона от 02.06.2016 № 164-ФЗ Art. 1 of the federal law
С 1 января 2016 г. From 1 January 2016	6204	Ст. 1 Федерального закона от 14.12.2015 № 376-ФЗ Art. 1 of the federal law

Безусловно, мера по уравниванию МРОТ и прожиточного минимума является важным шагом на пути к повышению уровня и качества

жизни работающего населения, у 7,3% которого в 2017 году начисленная заработная плата была ниже прожиточного минимума (рисунок 2) [6].

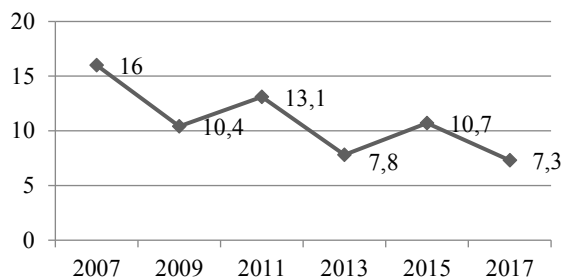


Рисунок 2. Доля работников организаций с начисленной заработной платой ниже величины прожиточного минимума трудоспособного населения в России, %

Figure 2. The share of employees of organizations with accrued wages is below the subsistence minimum of the able-bodied population in Russia, %

В то же время за анализируемый период наблюдалось снижение значений данного показателя по сравнению с 2007 годом (16,5%).

Что касается численности населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума, то по данным, представленным на рисунке 3, можно сделать вывод о том, что начиная с 2013 года в России наблюдается рост доли населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума. За последние несколько лет в 2015–2017 гг. она превысила докризисные значения 2010 года и 2011 года и составила более 13%. При этом целевые показатели в «Концепции долгосрочного социально-экономического развития России» установлены на уровне 6,2–7,8% на 2011–2020 гг. Следовательно, значение рассматриваемого показателя в 2017 году (13,2%) скорее приближается к значению 2007 года (15,2%), чем к целевым ориентирам, что позволяет сделать вывод о невыполнении цели Концепции по снижению численности населения России с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума.

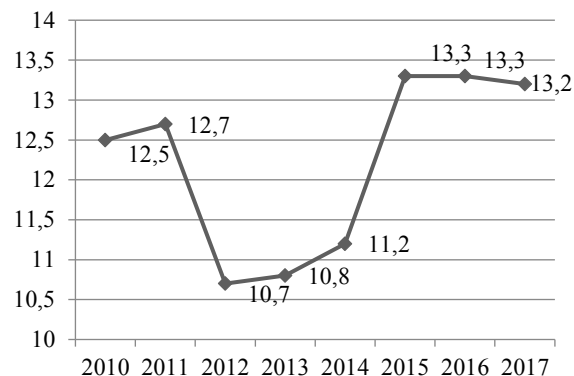


Рисунок 3. Численность населения России с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума, в % от общей численности

Figure 3. The population of Russia with cash incomes is lower than the subsistence minimum, in % of the total number

Доступность и качество образования и здравоохранения являются важнейшими показателями развития человеческого потенциала и оказывают сильное влияние на качество жизни населения [8]. Поэтому государственные расходы на развитие образования и здравоохранения относятся к показателям состояния экономической безопасности РФ и целевым ориентирам Концепции.

Проанализировав данные о государственных расходах, представленные в таблице 4, можно говорить о том, что к 2016 году на образование и здравоохранение было потрачено 3,6% от ВВП. При этом государственные расходы на образование снизились по сравнению с 2010 годом (4,1%), а на здравоохранение увеличились (1,9%) [6, 9]. Целевые ориентиры государственных расходов на период 2011–2020 гг. установлены для образования на уровне 5,0–5,3% от ВВП, для здравоохранения – от 4,5 до 5,0%, что позволяет сделать вывод об их невыполнении. И учитывая, что за анализируемый период государственные расходы на образование не превышали 4,1% от ВВП, а на здравоохранение – 3,6% от ВВП, можно говорить о небольшой вероятности приблизиться к целевым ориентирам к 2020 году.

Таблица 4.

Государственные расходы на образование и здравоохранение в России, % от ВВП

Table 4.

Public expenditure on education and health in Russia, % of GDP

Государственные расходы, % от ВВП Public expenditure, % of GDP	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
На образование On education	4,1	3,7	3,8	4,1	3,9	3,6	3,6
На здравоохранение On health	1,9	3,2	3,4	3,3	3,2	3,4	3,6

Также необходимо учитывать, что по рекомендациям ВОЗ и международной организации труда (МОТ) минимально допустимый уровень государственных расходов на образование и здравоохранение должен составлять не менее 5%

от ВВП. Для России с ее территориальной спецификой рассредоточения малонаселенных пунктов и мест проживания этот минимальный порог объемов финансирования должен быть существенно выше.

Важное значение для характеристики социальных результатов экономической деятельности страны имеют показатели уровня, динамики и дифференциации доходов населения. Результаты исследований показывают, что уровень дифференциации доходов населения, характеризующих социальную структуру общества, существенно меньше в развитых странах, чем в развивающихся. Чем меньше различий в уровне доходов, тем более социально устойчивым является общество. В этой связи показатели, отражающие дифференциацию доходов населения, важны для анализа социально-экономических процессов в стране [10].

На рисунке 4 представлена динамика значений коэффициента фондов в России, характеризующих степень расслоения общества и показывающих отношение денежных доходов 10% наиболее и 10% наименее обеспеченного населения. По рекомендациям ООН значения коэффициента фондов не должны превышать 8–10 раз, иначе в обществе усиливается неравенство и возрастает социальная напряженность.

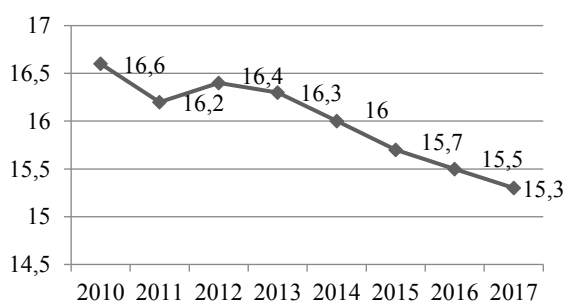


Рисунок 4. Коэффициент фондов в России, раз
Figure 4. Index of funds in Russia, times

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Смышляев В.А. Государственная инновационная политика в контексте проблематики оптимизации экономических отношений в современной России // Исследование инновационного потенциала общества и формирование направлений его стратегического развития. Курск. 2015. С. 218–222.
- 2 Смышляев В.А., Сурков В.А. Human capital в социополитических и экономических процессах: дефиниционно-междисциплинарные интерпретации // Актуальные проблемы современной экономики: теория, практика, политика. Воронеж. 2014. С. 147–155.
- 3 Бородин Т.А. Повышение качества жизни как приоритетное направление государственной политики // Современные подходы к трансформации концепции государственного регулирования и управления в социально-экономических системах. Курск: ЗАО «Университетская книга». 2016. С. 39–41.
- 4 Об утверждении Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года (распоряжение Правительства Российской Федерации № 1662-р от 17 ноября 2008 года)

За анализируемый период наблюдается незначительное снижение значений коэффициента фондов. При этом в 2017 году значение данного показателя превышает рекомендованные ООН значения в полтора раза, что свидетельствует о высокой степени расслоения российского общества. В Концепции целевые ориентиры для коэффициента фондов установлены на уровне 12 раз к 2016–2020 гг., что позволяет сделать вывод о недостижении его к настоящему времени.

Заключение

В рамках «Концепции социально-экономического развития РФ» была поставлена задача перехода к инновационному социально ориентированному типу развития. Для этого необходимо развивать человеческий потенциал, повышая качество жизни населения, которое к 2020 году должно достигнуть показателей, характерных для развитых стран. Проанализировав фактические значения показателей, установленных в качестве целевых ориентиров развития человеческого потенциала, можно сделать вывод о том, что в настоящее время они не достигнуты.

Состояние российской экономики за последние несколько лет – рецессия, переходящая в стагнацию, – не способствует повышению уровня и качества жизни населения. Снижение цен на нефть и введение санкций против России усугубили структурные проблемы в экономике, что привело в 2014–2016 гг. к снижению курса национальной валюты, росту инфляции, снижению потребительского спроса, оттоку капитала и падению реальных доходов населения. Следовательно, необходимо корректировать Концепцию с учетом сложившейся макроэкономической ситуации.

- 5 Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации за 2017 год. М.: Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. 2017. 292 с.
- 6 Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru>
- 7 Доклад Министерства экономического развития Российской Федерации «Об итогах деятельности Минэкономразвития России за 2017 год и задачах на 2018 год». Москва. 2018. 116 с.
- 8 Sviridov A.S., Safonova N.A., Nekrasova T.A., Purgaeva I. A. Human Development as an Important Component of the Russian Population's Living Standards: a Comparison with the Global Values // Espacios. 2018. Vol. 39. № 12. P. 9. URL: <http://www.revistaespacios.com/a18v39n12/18391209.html>
- 9 Human Development Report 2016. Human Development for Everyone. New York. 2016. 286 p.
- 10 Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года. Москва, Министерство экономического развития. 2013. 354 с.
- 11 Данилкова Е.Б. Экономическая сущность и природа инновации // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 1 (71). С. 326–331. doi:10.20914/2310-1202-2017-1-326-331.

REFERENCES

1 Smyshlyaev V.A. State innovation policy in the context of optimization of economic relations in modern Russia. *Issledovanie innovacionnogo potenciala obshchestva i formirovanie napravlenij ego strategicheskogo razvitiya* [Research of the innovative potential of the society and the formation of directions for its strategic development]. Kursk. 2015. pp. 218–222. (in Russian).

2 Smyshlyaev V.A., Surkov V.A. Human capital in socio-political and economic processes: definitive-interdisciplinary interpretations. *Aktual'nye problemy sovremennoj ehkonomiki: teoriya, praktika, politika* [Actual problems of modern economy: theory, practice, politics]. Voronezh. 2014. pp. 147–155. (in Russian).

3 Borodina T.A. Improvement of the quality of life as a priority direction of the state policy. *Sovremennye podhody k transformacii koncepcii gosudarstvennogo regulirovaniya i upravleniya v social'no-ehkonomicheskikh sistemah* [Modern approaches to the transformation of the concept of state regulation and management in socio-economic systems]. Kursk, ZAO University Book. 2016. pp. 39–41. (in Russian).

4 Ob utverzhdenii Koncepcii dolgosrochnogo social'no-ehkonomicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2020 goda [On approval of the Concept of long-term social and economic development of the Russian Federation for the period until 2020 (Government Decree No. 1662-r of November 17, 2008)] (in Russian).

5 Doklad o chelovecheskom razviti v Rossijskoj Federacii za 2017 god [Report on Human Development in

the Russian Federation for 2017]. Moscow, Analytical Center under the Government of the Russian Federation. 2017. 292 p. (in Russian).

6 Oficial'nyj sajt Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki [Official site of the Federal State Statistics Service]. Available at: <http://www.gks.ru>

7 Doklad Ministerstva ehkonomicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii «Ob itogah deyatelnosti Minekonom-razvitiya Rossii za 2017 god i zadachah na 2018 god» [Report of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation "On the results of the activities of the Ministry of Economic Development of Russia for 2017 and tasks for 2018"]. Moscow. 2018. 116 p. (in Russian).

8 Sviridov A.S., Safonova N.A., Nekrasova T.A., Purgaeva I. A. Human Development as an Important Component of the Russian Population's Living Standards: a Comparison with the Global Values . *Espacios*. 2018. vol. 39. no. 12. pp. 9. Available at: <http://www.revistaespacios.com/a18v39n12/18391209.html>

9 Human Development Report 2016. Human Development for Everyone. New York. 2016. 286 p.

10 Prognoz dolgosrochnogo social'no-ehkonomicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda [Forecast of long-term socio-economic development of the Russian Federation for the period until 2030]. Moscow, Ministry of Economic Development. 2013. 354 p. (in Russian).

11 Danilkova E.B. The economic essence and the nature of innovation. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET] 2017. vol. 79. no. 1 (71). pp. 326–331. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2017-1-326-331.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Татьяна А. Некрасова к.э.н., доцент, кафедра экономической теории и экономической политики, Воронежский государственный технический университет, Московский пр-т, 14, г. Воронеж, 394026, Россия, nekrasova-tatiana@list.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Татьяна А. Некрасова написала рукопись и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 27.06.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 16.08.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Tatiana A. Nekrasova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, Department of economic theory and economic policy, Voronezh state technical university, Moscow Av., 14 Voronezh, 394026, Russia, nekrasova-tatiana@list.ru

CONTRIBUTION

Tatiana A. Nekrasova wrote the manuscript and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The author declares no conflict of interest.

RECEIVED 6.27.2018

ACCEPTED 8.16.2018

Методика разработки согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли на предприятии

Денис А. Шагеев¹ denisshageev@yandex.ru
Ирина М. Перегримова¹ irinaperegrimova@gmail.com

¹Международный институт дизайна и сервиса, ул. Ворошилова, 12, г. Челябинск, 454014, Россия

Реферат. В статье сформулирована проблема разработки и согласования управленческих решений распределения чистой прибыли предприятия для собственников. Проведён анализ научных взглядов, механизмов, методик и положений по решению данной проблемы. В результате проведённого анализа выяснилось, что ни в одной из рассмотренных статей не решена данная проблема даже в минимальной степени. Поэтому предлагаемая в статье методика является актуальной не только для собственников предприятий, но и для экономической науки. Методика базируется на методе анализа иерархий (МАИ) Т. Саати. Этот метод позволяет сформулировать управленческие решения распределения чистой прибыли в виде иерархий и провести попарную оценку этих решений в специальных матрицах с учётом весовых категорий экспертов/собственников в виде долей, в уставном капитале. В ходе исследования выяснилось, что такой показатель как отношение согласованности (ОС) матриц и иерархий не решает поставленную проблему в достаточной степени. Поэтому в методике предложено дополнить или в некоторых случаях даже заменить показатель ОС критериями согласованности Пирсона и Колмогорова-Смирнова. Тем самым в методике появляется возможность тройного согласования решений в виде матричных оценок в МАИ. Для повышения уровня согласованности указанных критериев произведена модификация полной числовой шкалы Т. Саати из 17-балльной в 9-балльную и 7-балльную. В методике также представлен показатель уровня результирующей согласованности решений (УРСР) измеряемый при помощи вербально-числовой шкалы Е. Харрингтона в сочетании с такими характеристиками как консенсус, компромисс, конфликт средней и высшей тяжести. Для реализации методики может привлекаться любое количество экспертов/собственников и их доверенных лиц без ограничений. Методика отличается высокой степенью универсальности и гибкости. Поэтому она может использоваться на предприятиях с любой организационно-правовой формой хозяйствования. В статье представлены результаты апробации методики на примере промышленного предприятия ООО «Магма».

Ключевые слова: управленческие решения, согласование, распределение чистой прибыли, предприятие, метод анализа иерархий, хи-квадрат, критерий Колмогорова-Смирнова, экспертные оценки

Methodic of development of coordinated management decisions of distribution of net profit at the enterprise

Denis A. Shageev¹ denisshageev@yandex.ru
Irina M. Peregrimova¹ irinaperegrimova@gmail.com

¹International institute of design and service, Voroshilova str., 12, Chelyabinsk, 454014, Russia

Summary. The article formulates the problem of development and coordination of management decisions of distribution of net profit of the enterprise for owners. The analysis of scientific views, mechanisms, methods and provisions to address this problem. As a result of the analysis it was found out that none of the considered articles solved this problem even to a minimum extent. Therefore, the proposed method is relevant not only for the owners of enterprises, but also for economic science. The technique is based on the analytic hierarchy process (AHP) T. Saaty. This method allows to formulate management decisions of distribution of net profit in the form of hierarchies and to carry out the pair assessment of these decisions in special matrices taking into account weight categories of experts/owners in the form of shares, in authorized capital. The study found that such an indicator as the ratio of consistency (OS) of matrices and hierarchies does not solve the problem sufficiently. Therefore, it is proposed to add or in some cases even replace the indicator with the Pierson-Kolmogorov-Smirnov consistency criteria. Thus, in the technique there is a possibility of triple coordination of decisions in the form of matrix estimates in MAI. To improve the level of consistency of these criteria, the modification of The full numerical scale of T. Saaty from 17-point to 9-point and 7-point was made. The method also presents the indicator of the level of the resulting consistency of decisions (URSR) measured by the verbal-numerical scale Of E. Harrington in combination with such characteristics as consensus, compromise, conflict of medium and high severity. Any number of experts/owners and their authorized representatives can be involved in the implementation of the methodology without restrictions. The technique is characterized by a high degree of versatility and flexibility. Therefore, it can be used in enterprises with any organizational and legal form of management. The article presents the results of testing methods on the example of the industrial enterprise "Magma".

Keywords: management decisions, coordination, distribution of net profit, enterprise, method of hierarchy analysis, Chi-square, Kolmogorov-Smirnov criterion, expert assessments

Для цитирования

Шагеев Д.А., Перегримова И.М. Методика разработки согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли на предприятии // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 392–415. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-392-415

For citation

Shageev D.A., Peregrimova I.M. Methodic of development of coordinated management decisions of distribution of net profit at the enterprise. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 392–415. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-392-415

Введение

На протяжении всего исторического периода развития человечества его неотъемлемой спутницей была предпринимательская деятельность, выраженная в разных формах через индивидуальное или коллективное ведение домашнего хозяйства. Результатом этой деятельности были убытки или прибыль. Последняя, в свою очередь, и была неким мотиватором для строительства и ведения домашнего хозяйства, которое являлось основой развития человечества. Времена менялись и домашние хозяйства постепенно превращались в ремесленные мастерские, мануфактуры и наконец в современные предприятия. Но проблема эффективной организации ведения предпринимательской деятельности для получения прибыли и её распределения актуальна и по сей день для предприятий, чей уставный капитал образован группой собственников. В этой связи необходима методика разработки и согласования управленческих решений по распределению чистой прибыли.

Вся сегодняшняя среда существования человеческой цивилизации пропитана духом, конкуренции, соперничества и разных форм конфликтов, связанных с получением и распределением прибыли. Поэтому необходимы такие пути решения, которые позволят максимально согласовать решения собственников по поводу распределения чистой прибыли их общего предприятия. Один из таких путей авторы статьи видят в методике разработки согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли на предприятии. Прежде чем приступить к описанию этой методики, следует ввести некоторые термины, рассмотреть и проанализировать другие существующие пути решений.

Современный экономический словарь под редакцией Б.А. Райзберг определяет прибыль как денежное выражение основной части денежных накоплений, создаваемых предприятиями любой формы собственности. Базой расчетов служит прибыль до налогообложения – основной финансовый показатель производственно-хозяйственной деятельности предприятия [10].

Ю.Р. Забирова и Д.В. Лысенко под чистой прибылью понимают денежные средства, которые остаются у предприятия после того, как из балансовой прибыли вычитаются различные отчисления, налоги и прочие выплаты [6, с. 55].

Так или иначе, с учётом нормативно-правовой базы РФ, в том числе ПБУ и законов об обществах, под чистой прибылью в статье будем понимать часть балансовой прибыли предприятия, остающейся в его распоряжении после уплаты налогов, сборов, отчислений и других обязательных платежей в бюджет.

Решением проблем распределения чистой прибыли на предприятии занимались следующие исследователи: Я.Т. Багирова; Н.М. Кофорова; Л.Г. Валишевская; А.И. Мусатова; Ю.Н. Маслова; Л.Г. Валишевская; А.И. Мусатова; И.А. Варпаева; Л.Г. Валишевская; А.И. Мусатова; Ю.Р. Забирова; Д.В. Лысенко; В.В. Ковалёв.

Я.Т. Багирова дополнительно отмечает, что проблемами эффективного распределения прибыли предприятия занимались такие ученые экономисты: И.А. Бланк, А.Н. Ковалева, Л.А. Меренкова, В.Р. Веснин, О.С. Вихалский, В.Д. Лещева и др. Далее пишет, что до сих пор нет общего мнения относительно механизма распределения прибыли [2]. Эта группа авторов исследует механизмы эффективности распределения прибыли без учёта методики разработки и согласования управленческих решений.

Следует отметить, что ни в одной из работ представленных исследователей не уделено внимание разработке управленческих решений распределения чистой прибыли на предприятии, кроме И.А. Варпаевой в статье «Бухгалтерский учет в подготовке управленческих решений по использованию прибыли» [4]. Но даже в этой статье автор делает акцент только на подготовку управленческих решений по использованию чистой прибыли в виде схемы аналитических записей по аккумулированию и использованию прибыли хозяйствующих субъектов, а не распределению и тем более без согласования этих решений. Рассмотрим и другие положения по распределению чистой прибыли на предприятии некоторых авторов.

Ю.Р. Забирова и Д.В. Лысенко считают, что распределение чистой прибыли – это процесс перенаправления денежных средств по основным течениям ее ожидающего использования [6, с. 55]. Достаточно размытая и неясная формулировка в части «перенаправления... по основным течениям».

И.А. Варпаева считает, что распределение чистой прибыли является одним из направлений внутрифирменного планирования, информационной базой которого являются данные бухгалтерского учета [4, с. 23]. Действительно, следует согласиться с тем, что процесс распределения чистой прибыли – это часть внутрифирменного планирования.

Ковалёв В.В. и Ковалёв В.В. под распределением прибыли понимают порядок ее направления, определяемый законодательством. Конкретные формы и методы использования прибыли постоянно видоизменяются и развиваются с ростом общественного производства и

с изменением задач, стоящих перед экономикой. Каждый этап во взаимоотношениях между бюджетом и предприятием по поводу использования прибыли порождает новые формы и методы этого использования [7]. С этими утверждениями тоже следует согласиться.

Л.Г. Валишевская и А.И. Мусатова сделали исследование определения пропорции между накопительной и потребляемой частями прибыли. По сути авторы предложили методику пошагового обоснования распределения чистой прибыли и методику расчета суммы дивидендов, которая может быть выплачена учредителям без нарушения рекомендуемых значений коэффициентов ликвидности [3]. Рамки исследования сужены до распределения прибыли между фондом накопления и потребления. Сам процесс распределения чистой прибыли базируется на формальной логике, нормативно-правовой базе РФ и простых суждений собственников. Содержательно представленный в статье материал на четырёх страницах не раскрывает в достаточной степени продекларированных авторами методических положений пошагового обоснования распределения чистой прибыли. Скорее всего это пошаговая инструкция или простой алгоритм к действию по распределению прибыли между фондом накопления и потребления. Причём авторы не углубляются в тонкости процесса распределения прибыли внутри этих фондов.

Ю.Н. Маслова посвятила статью вопросу оптимального распределения чистой прибыли коммерческих предприятий. Рассматривает механизм распределения прибыли, анализирует возможные пути ее эффективного использования. Рационально распределить прибыль можно при согласованных действиях системы экономических рычагов [9]. Кроме простых теоретических положений, взятых из учебной литературы в статье ничего больше нет, несмотря на многообещающую формулировку «механизм распределения прибыли».

В наибольшей степени удалось раскрыть некоторые элементы согласования управленческих решений распределения чистой прибыли Н.М. Кофоровой. Она пишет о критериях распределения чистой прибыли, совмещающих интересы собственников и трудового коллектива. Предложен механизм определения «условных» предельных границ распределения прибыли между двумя сторонами процесса – инвесторами и коллективом наемных работников предприятия [8, с. 242]. В качестве оценочного показателя, характеризующего степень удовлетворения интересов собственников при распределении чистой прибыли, предлагается коэффициент использования «условной» доли собственников.

Достаточно спорные положения, так как психология любого собственника антагонистически настроена к тому, чтобы прибыль дополнительно распределялась на трудовой коллектив. Собственник может допустить в своём сознании только какие-либо дополнительные выплаты в пользу трудового коллектива, связанные с полученными повышенными результатами его работы, или оплата, связанная с развитием персонала для повышения производительности труда, не более.

Ю.Р. Забирова и Д.В. Лысенко дополнительно отмечают, что чистая прибыль является источником финансирования производственных процессов, формирует резервные фонды, и именно за её счет увеличивается оборотный капитал [6, с. 55]. Эти положения будут учтены в предлагаемой методике.

Б.А. Райзберг отмечает, что из прибыли, остающейся в распоряжении предприятия, в соответствии с законодательством и учредительными документами предприятие может создавать фонд накопления, фонд потребления, резервный фонд и другие специальные фонды и резервы. Хозяйствующий субъект самостоятельно определяет направления использования прибыли, если иное не предусмотрено уставом [10]. Этой же точки зрения придерживаются все вышеуказанные в тексте статьи исследователи. Поэтому эти положения тоже принимаются для методики разработки согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли на предприятии.

При распределении чистой прибыли, можно выделить некоторые принципы, по которым она расходуется:

1) первоочередное выполнение финансовых обязательств перед обществом в целом (в лице государства);

2) поступление прибыли для государства в соответствующие бюджеты в виде налогов и сборов;

3) обеспечение такой величины прибыли, остающейся в распоряжении предприятия после уплаты налогов;

4) оптимизация пропорций распределения остающейся в распоряжении предприятия чистой прибыли между капитализируемой и потребляемой ее частями;

5) первоочередное направление этой прибыли на накопление, обеспечивающее дальнейшее формирование предприятия;

6) использование прибыли на материальное стимулирование работающих [6, с. 55].

С несущественными отличиями в формулировках и перечне принципов все это отмечают ранее указанные авторы в своих трудах. Данные принципы принимаются для предлагаемой ниже методики.

В методике будут учтены некоторые положения по теории заинтересованных сторон, согласование интересов отечественных и зарубежных ученых, отмеченных в монографии Д.А. Шагеева «Управление развитием промышленного предприятия по показателям дисбаланса межгрупповых и организационных интересов: теория и практика» [1]: А.А. Алабугин, И.А. Баев, Б.С. Волков, О.В. Зубкова, А.Н. Иванова, Г.Б. Клейнер, В.С. Мхитарян, М.А. Петров, Р. Дарендорф, П. Дойль, П. Друкер, Э. Дюркгейм, Р. Фриман, Р.К. Митчел, Б.Р. Эйгл, Д.Дж. Вуд и др.

Постановка задачи исследования

После проведенного анализа некоторых наиболее известных за последние шесть лет существующих научных взглядов, механизмов, методик и положений формирования и распределения чистой прибыли предприятия сформулируем отличительные особенности предлагаемой методики:

1) учитывает мнение всех собственников предприятия согласно размеру их доли в уставном капитале;

2) возможно привлечение к процессу разработки управленческих решений доверенных лиц или каких-либо специалистов на усмотрение собственников предприятия в рамках их долей в уставном капитале предприятия (рабочие, служащие, инженеры, внешние эксперты и т. д.);

3) удобная и быстрая система разработки управленческих решений при помощи МАИ средствами диалоговой системы «MPRIORITY»;

4) позволяет разрабатывать любое количество управленческих решений при помощи МАИ;

5) наличие трёх уровней проверки согласованности управленческих решений при помощи отношения согласованности в МАИ, коэффициентов Пирсона и Колмогорова-Смирнова;

6) позволяет исключить или снизить уровень конфликта интересов собственников.

Традиционно в рамках законодательства РФ (ФЗ № 14, 208 и др.) решения, направленные на распределения чистой прибыли, принимаются на собрании учредителей или акционеров (с некоторыми особенностями по поводу голосующих акций) путём простого голосования. При таком подходе те собственники, которые имеют существенный перевес в долях (акциях), принимают решения (особенно 50% + 1 акция или десятая / сотая процента уставного капитала), а те, кто в меньшинстве, никак не могут повлиять на эти решения, кроме как просить или уговаривать первых. Такая ситуация является питательной средой для

зарождения и развития конфликтов интересов собственников, которые часто приводят к разным результатам, связанным с увеличением экономических, социальных и других видов потерь предприятия. Может быть ситуация, когда две, три и более группы собственников имеют своё мнение и почти на равных долях начинают «воевать» друг с другом за право реализовать это мнение в форме управленческих решений распределения чистой прибыли предприятия. В этой ситуации будет иметь место более сложный по содержанию и структуре конфликт интересов. Указанные отличительные особенности предлагаемой в статье методики помогут решить проблему конфликта интересов собственников предприятия.

Предлагаемая методика разработки согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли на предприятии базируется на таком математическом методе, как анализ иерархий (МАИ). В МАИ есть возможность математической обработки экспертных оценок на основе матричных вычислений и аддитивной свертки критериев. Важно отметить сходство и связь с другими математическими теориями: вероятностей, графов, деревьев, сетей, неотрицательных матриц, экспертных систем, идеологией искусственных нейронных сетей.

Этот метод был предложен американским математиком Т. Саати. Наиболее фундаментальные научные труды, известные в экономике и менеджменте, – это «Принятие решений. Метод анализа иерархий» [12], «Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети» [13] и «Аналитическое планирование. Организация систем» [11], «Принятие решений с АНР: почему необходим главный собственный вектор» [26]. Следует отметить и научных партнёров, с которыми совместно или параллельно работал Т. Саати, – это Дж. Хью [27], Л. Варгас [29, 28], П. Ланкастер, М. Тисменетски [23], Р.А. Горн, Ц.Р. Джонсон [21], П.Т. Харкер [20] и др. Результаты исследований этих авторов помогли сформировать МАИ Т. Саати и в какой-то степени его развить до современного состояния.

Результаты и обсуждение

Суть МАИ заключается в реализации процедуры парных сравнений. Анализ структуры модели, являющейся базой МАИ, проводится с помощью процедур теории графов. При проведении операции согласования и при решении обратной задачи используются методы оптимизации или нелинейного программирования.

МАИ используется для решения слабо структуризованных и не структуризованных проблем. Методология решения таких проблем опирается на системный подход, при котором проблема рассматривается как результат взаимодействия или взаимозависимости множества разнородных объектов, а не просто как их изолированная и автономная совокупность.

Человеку присущи два характерных признака аналитического мышления: первый – умение наблюдать и анализировать наблюдения, второй – способность устанавливать отношения между наблюдениями, оценивая уровень (интенсивность) взаимосвязей, а затем синтезировать эти отношения в общее восприятие наблюдаемого. На основе этих свойств человеческого мышления были сформулированы три принципа, реализация которых и является содержанием МАИ:

- 1) принцип идентичности и декомпозиции;
- 2) принцип дискриминации и сравнительных суждений;
- 3) принцип синтеза.

Согласованные управленческие решения складываются в междисциплинарную область исследований, в которой работают психологи, математики, программисты, экономисты, инженеры и другие специалисты. Отметим, что эта междисциплинарность является как бы переходным этапом к появлению новой дисциплины, в рамках которой указанные специалисты будут обладать необходимыми научными знаниями из приведенных дисциплин, а также новыми знаниями по проблемам, ранее не исследованным. Именно в таком контексте выступает предлагаемая методика разработки согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли предприятия.

Следует отметить ряд преимуществ использования МАИ для предлагаемой методики:

- 1) совмещает в себе достоинства аналитических и экспертных методов;
- 2) обеспечивает реализацию наиболее эффективного способа оценки количественно неизмеримых, но вместе с тем важных факторов для принятия обоснованных решений;
- 3) не предусматривает введения ограничения на транзитивность (метод работает с несогласованными суждениями и не требует, чтобы предпочтения потребителей или лиц, принимающих решения, соответствовали аксиомам полезности);
- 4) позволяет сводить исследование сложных проблем к достаточно простой процедуре проведения последовательно попарных сравнений;
- 5) не предполагает прямого определения коэффициентов важности по показателям, используемым для оценки качества решения задачи;

6) сравнительно прост в реализации, а также не требует больших финансовых и временных ресурсов на проведение необходимых расчётов;

7) позволяет решать задачи с неограниченным количеством критериев;

8) высокая степень универсальности для применения в любых сферах деятельности человека.

Рассмотрим, насколько удовлетворяет МАИ ряду требований к научному обоснованию методики разработки согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли.

1. В МАИ способы получения информации от эксперта соответствуют данным когнитивной психологии о возможностях человека перерабатывать информацию. Действительно, гомогенность и принцип иерархической декомпозиции приводят в соответствие проблему получения оценок с психометрическими возможностями человека.

2. В МАИ имеется возможность проверки информации, полученной от эксперта, на непротиворечивость посредством индекса и отношения согласованности как для отдельных матриц, так и для всей иерархии.

3. Любые соотношения между вариантами решений в МАИ объяснимы на основе информации, полученной от экспертов. Так, анализ весов объектов по нисходящим уровням иерархии позволяет понять, как получено то или иное значение веса.

4. Математическая правомочность решающего правила в МАИ прозрачна и базируется на методе собственных значений и принципе иерархической композиции, имеющих четкое математическое обоснование.

Таким образом, МАИ удовлетворяет четырём основным критериям, обеспечивающим всестороннюю научную обоснованность предлагаемой в статье методики.

Решающим преимуществом МАИ над большинством существующих методов оценивания альтернатив (деревья, сети, графы, нейронные сети и др.) является вклад в анализ структуры проблемы и отчетливое выражение экспертных суждений.

Сложность, как было уже отмечено, характеризуется большим числом взаимодействий между многими субъективными и объективными факторами различного типа и степени важности, а также группами экспертов с различными целями и противоречивыми интересами. Эти факторы определяют вероятность или невозможность выбора одной из альтернатив, которая приемлема для всех с определенной степенью компромисса.

Чтобы разобраться с этой сложностью, нужна систематическая процедура для представления групп, их целей, критериев и поведения, обусловленных этими целями, альтернативных исходов и ресурсов, распределяемых по этим альтернативам. В МАИ эта процедура сводится к построению иерархии проблемы. В нашем случае это иерархия проблемы распределения чистой прибыли предприятия. На вершине иерархии отмечена указанная проблема, уровнем ниже представлены критерии оценки и распределения чистой прибыли по элементам-исходам третьего уровня. Поэтому в методике для построения иерархии будет вполне достаточно трёх уровней для решения проблемы распределения чистой прибыли предприятия и разработки согласованных управленческих решений. Следует оговориться, что количество иерархий

в методике может быть две, три и более в зависимости от сложности процесса разработки управленческих решений распределения чистой прибыли предприятия.

После иерархического воспроизведения проблемы устанавливаются приоритеты критериев и оценивается каждая из альтернатив по критериям. В МАИ элементы задачи сравниваются попарно по отношению к их воздействию на общую для них характеристику. Система парных сведений приводит к результату, который может быть представлен в виде обратно симметричной матрицы. Элементом матрицы $a(i, j)$ является интенсивность проявления элемента иерархии i относительно элемента иерархии j , оцениваемая по шкале интенсивности от 1 до 9 баллов, предложенной Т. Саати, где оценки имеют определённый смысл (таблица 1) [12, с. 53].

Таблица 1.

Шкала субъективных суждений экспертов для разработки согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли предприятия на базе МАИ

Table 1.

Scale of experts' subjective judgments for the development of coordinated management decisions distribution of net profit of the enterprise on the basis of MAI

Степень важности, баллы. Importance, points	Определения Definitions	Объяснения Explication
1	Одинаковая значимость. Similar import	Два действия вносят одинаковый вклад в достижение цели. Both actions similarly contribute to pursuing the objective.
3	Некоторое преобладание значимости одного действия над другим (слабая значимость). One action to some extent prevails over the other.	Опыт и суждение дают лёгкое предпочтение одному действию перед другим. Experience and speculation give slight preference of one action to the other.
5	Существенная или сильная значимость. Significant or strong import.	Опыт и суждение дают сильное предпочтение одному действию перед другим. Experience and speculation give strong preference of one action to the other.
7	Очень сильная или очевидная значимость. Very strong or evident import.	Предпочтение одного действия перед другим очень сильно. Его превосходство практически явно. Preference of one action before the other is very strong. Its advantage is actually evident.
9	Абсолютная значимость. Absolute import	Свидетельство в пользу абсолютного предпочтения одного действия другому. Evidence of absolute preference of one action to the other.
2, 4, 6, 8	Промежуточные значения между соседними значениями шкалы. Transitional values between the contiguous values of the scale.	Ситуация, когда необходимо компромиссное решение. Situation that requires compromise decision.
Обратные величины приведённых выше чисел Reciprocal values of the above numbers	Если действию i при сравнении с действием j приписывается одно из приведённых выше чисел, то действию j при сравнении с i приписывается обратное значение. If action i when compared to action j is attributed to one of the above numbers, then action j when compared to i is attributed a reciprocal number.	Обоснованное предположение. Reasonable assumption.
Рациональные значения Rational value	Отношения, возникающие в заданной шкале. Relations that appear within the scale	Если постулировать согласованность, то для получения матрицы требуется n числовых значений. If compatibility is postulated, then n numeric values are required

Для МАИ справедливы следующие положения.

1. Обратная симметричность как основная характеристика парных сравнений. Для матрицы парных сравнений $A = (a_{ij})$ интенсивность предпочтений a_i над a_j обратна интенсивности предпочтения a_j над a_i .

2. Гомогенность сравниваемых элементов данного уровня иерархии.

3. Зависимость нижнего уровня от непосредственно примыкающего к нему высшего уровня.

Дальнейшие вычислительные аспекты методики связаны с операциями над матрицами парных сравнений (суждений экспертов). В результате математических операций над каждой из матриц суждений могут быть вычислены приоритеты сравниваемых элементов-объектов каждого уровня иерархии и степень их согласованности. Форма матрицы парных сравнений представлена в таблице 2.

Суммарные приоритеты нижних элементов-объектов могут быть найдены в результате выполнения арифметических действий над соответствующими матрицами суждений для каждого элемента-объекта вышестоящих уровней. По аналогичным правилам над матрицами-столбцами, составленными из числовых мер согласованности для отдельных матриц суждений (также для каждого из вышестоящих элементов-объектов), вычисляется мера согласованности иерархии в целом. Раскроем это положение подробнее.

Таблица 2.

Матрица парных сравнений в методике разработки согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли на базе МАИ

Table 2.

Matrix of paired comparisons in the method development of coordinated management decisions for the distribution of net profit on the basis of MAI

	A1	A2	A3	...	A _i
A1	1	a ₁₂	a ₁₃	...	a _{1i}
A2	a ₂₁	1	a ₂₃	...	a _{2i}
A3	a ₃₁	a ₃₂	1	...	a _{3i}
...	...	...	...	1	...
A _i	a _{i1}	a _{i2}	a _{i3}	...	1

После выставления балльных оценок в пределах одной матрицы прямая обработка данных иерархии подразумевает нормирование

полученных оценок (n_{ij}) и вычисление вектора приоритетов (w_{Ai}) по формулам:

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum a_{ij}}, \quad (1)$$

где a_{ij} – балльная оценка попарного сравнения элементов определённого уровня иерархии; $\sum a_{ij}$ – агрегированная балльная оценка в пределах каждого столбца матрицы.

$$w_{Ai} = \frac{\sum n_{ij}}{k}, \quad (2)$$

где $\sum n_{ij}$ – агрегированная величина нормированных балльных оценок в пределах каждой строки матрицы; k – количество элементов уровня иерархии, сравниваемых в границах матрицы.

В результате прямой обработки данных иерархии будут получены итоговые значения для каждого уровня по каждому элементу. Обработка данных иерархии в обратном порядке начинается со второго уровня и подразумевает учёт векторов приоритетов, полученных на вышестоящих уровнях. Вычисления проводятся путём перемножения соответствующих векторов и матриц.

Для вычисления результирующего вектора приоритетов (W_{Ai}) для последнего уровня иерархии (исходы в виде управленческих решений распределения чистой прибыли предприятия) следует использовать следующую формулу:

$$W_{Ai} = \prod_{i=1}^A w_{Ai}. \quad (3)$$

Проще говоря, результирующий вектор приоритета есть не что иное, как результат произведения простых векторов приоритетов, полученных на всех уровнях иерархии для каждого матричного значения (A).

Для агрегирования мнений экспертов в методике принимается среднеарифметическое значение с учётом весовой категории экспертов, которое можно рассчитать по формуле:

$$a_{ij}^A = \frac{\sum a_{ij}^n \times v_n}{\sum v_n}, \quad (4)$$

где a_{ij}^A – агрегированная оценка элемента, принадлежащего i -й строке и j -му столбцу матрицы парных сравнений, баллы; v – весовая категория эксперта, %; n – порядковый номер эксперта, чел.; $\sum v_n$ – сумма всех весов экспертов (100, 1 000 или 10 000 и т. д. – уставный капитал + дополнительно привлечённые лица, если таковые имеются), %.

Усреднение суждений экспертов может быть осуществлено и на уровне собственных векторов матриц парных сравнений или результирующих векторов приоритетов. Тогда формула (4) изменится и будет иметь следующий вид:

$$w_{Ai} = \frac{\sum w_{Ai}^n \times v_n}{\sum v_n}, \quad (5)$$

$$W_{Ai} = \frac{\sum W_{Ai}^n \times v_n}{\sum v_n}. \quad (6)$$

В качестве замечаний следует отметить.

1. Как правило, в роли экспертов должны выступать собственники предприятия либо специально оформленные доверенные лица.

2. Весовая категория эксперта формируется на основании его доли собственности (пая или вклада) в уставном капитале предприятия, измеряемой в процентах с любым количеством знаков после запятой. Однако в методике рекомендуется присваивать весовую категорию на основании следующих рекомендаций:

а) если в уставном капитале присутствуют доли без десятых и сотых, тогда веса экспертов будут равны этим долям, а сумма всех возможных весов составит 100 (например, $12\% = 12 = v$);

б) если в уставном капитале присутствуют доли с десятичными, тогда веса экспертов будут равны этим долям, умноженным на 10, а сумма всех возможных весов составит 1 000 (например, $12,2\% = 12,2 \cdot 10 = 122 = v$);

в) если в уставном капитале присутствуют доли с сотыми, тогда веса экспертов будут равны этим долям, умноженным на 100, а сумма всех возможных весов составит 10 000 (например, $12,22\% = 12,22 \cdot 100 = 1220 = v$).

3. Округление полученных оценок в формуле (4) осуществляется в ближайшую сторону согласно полной семнадцати балльной шкале Т. Саати (см. ниже). Округление векторов приоритетов, полученных по формулам (5) и (6), осуществляется до десятичных.

Ниже в тексте статьи указанные замечания будут расширены и уточнены для повышения эффективности реализации процедуры оценки согласованности управленческих решений распределения чистой прибыли по критерию Пирсона и Колмогорова-Смирнова.

Поэтому методика отличается высокой степенью универсальности и подойдёт для предприятий любой организационной формы хозяйствования: акционерные общества; общества с ограниченной ответственностью; индивидуальные предприниматели (с привлечением экспертов).

После того как все оценки в иерархии выставлены, в методике необходимо реализовать следующие процедуры:

1) формальной проверки в МАИ полученных данных при помощи показателей собственного числа матрицы, индекса согласованности и отношения согласованности;

2) проверки согласованности управленческих решений распределения чистой прибыли по критерию Пирсона и Колмогорова-Смирнова для матричных оценок в МАИ.

МАИ предполагает проверку согласованности полученных матриц. Из линейной алгебры известно, что у положительно определённой, обратно симметричной матрицы, имеющей ранг один, максимальное собственное число равно размерности этой матрицы, то есть (n). При проведении сравнений в реальной ситуации вычисленное максимальное собственное число ($\lambda_{\max}$) будет отличаться от соответствующего собственного числа для идеальной матрицы. Это различие характеризует рассогласованность реальной матрицы и характеризует уровень доверия к полученным результатам. Чем больше это отличие, тем меньше доверие. Поэтому важным элементом расчётов, согласно МАИ является определение индекса согласованности (ИС) по формуле [12]:

$$ИС = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}. \quad (7)$$

где $\lambda_{\max}$ – собственное число матрицы парных сравнений; n – размерность матрицы.

Именно индекс согласованности информирует лицо, принимающее решение, о степени нарушения численной (кардинальной) и транзитивной (порядковой) согласованности. Значение собственного числа матрицы находится через произведение суммы столбца на соответствующую ей альтернативу (решение) [12]:

$$\lambda_{\max} = \sum a_{ij} w_{Ai}. \quad (8)$$

В завершении рассчитывается показатель однородности суждений (ОС) экспертов по формуле [12]:

$$ОС = \frac{ИС}{ИС_p}, \quad (9)$$

где $ИС_p$ – индекс согласованности матрицы размерности n , заполненной при случайном моделировании, таблица 3 [12].

После решения задачи иерархического синтеза оценивается однородность всей иерархии с помощью суммирования показателей однородности всех уровней иерархии, приведённых путём «взвешивания» к первому иерархическому уровню, где находится корневая вершина.

Таблица 3.

Согласованность случайных матриц МАИ Т. Саати для методики разработки согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли на предприятии

Table 3.

Coherence of random matrices MAI T. Saati for methods of development of coordinated management decisions of distribution of net profit at the enterprise

Размерность матрицы, n Shape of the matrix, n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Случайная согласованность Random coherence	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Однородность иерархии или отдельных матриц, по мнению Т. Саати, считается удовлетворительной при значении $OC \leq 0,1$, в некоторых случаях допускается неравенство $OC \leq 0,15$. Если OC выходит за эти пределы, лицу, принимающему решение, нужно заново исследовать содержательную её сторону и соответствующие количественные оценки элементов и внести необходимые изменения в исходные данные.

Причём сам Т. Саати рекомендует при плохо согласованной иерархии (или матрице) либо сменить экспертов, либо найти дополнительные данные, либо решать проблему другим методом. Таким образом, эта модификация метода парных сравнений содержит внутренние инструменты, позволяющие определить качество обрабатываемых данных и степень доверия к ним. Эта особенность выгодно отличает МАИ от большинства других, обычно применяемых при разработке и принятии управленческого решения. Кроме указанных положительных сторон, в МАИ есть и недостатки, которые следует рассмотреть.

Не всегда на практике получаются корректные значения OC , соответствующие рекомендуемому эталону. И не всегда это связано с низким качеством работы экспертов или малой выборкой экспертов. Зачастую это связано с особенностями экспертных суждений, выраженных в балльных оценках, которые при проверке просто не вписываются в заданные математические рамки. Поэтому в МАИ формула расчёта $\lambda_{\max}$, ИС и OC носит больше теоретически доказуемый характер и не всегда согласуется с практикой разработки и принятия решений.

Конечно, такая проблема решается путём замены некоторых оценок в матрице для получения нужного значения $OC \leq 0,1$. Но при реализации такого решения (своего рода «подтасовка» данных) будет снижаться уровень объективности и качества исследования для достижения практических, а не теоретических результатов. Иногда лица, принимающие решения, пытаются увеличить размерность матрицы путём добавления числа

критериев, альтернатив или других элементов в уровнях иерархии. Такая мера тоже не всегда срабатывает на практике для получения эталонных значений OC .

Отдельно следует сделать замечание по показателю случайной согласованности матриц ИС_р, который получен Т. Саати теоретико-математическим путём. Не всегда табличные значения этого показателя (таблица 3) могут подойти для расчёта и получения эталонного значения OC .

Представленные замечания вскрывают недостатки не только МАИ, но и других математических методов, используемых при работе с экспертными суждениями, носящими интуитивно-эмпирический характер и не всегда согласующимися с человеческим фактором.

Ещё один недостаток показателя OC заключается в том, что при помощи него оценивается только согласованность выставленных экспертами оценок в матрице. При этом, прежде чем вставить оценку в матрицу её получают путём усреднения оценок, выставленных экспертами. Тогда становится очевидным, что эксперты в своей совокупности могут «угадать» нужные средние матричные оценки, необходимые для получения эталонного значения OC . Эти оценки могут быть разными: от 1/9 до 9 по полной 17-балльной шкале Т. Саати, и если проверить их по критерию Пирсона, Колмогорова-Смирнова или другим критериям из математической статистики, то очевидно будет доказана их полная несогласованность, хотя OC будет меньше 0,1. Иными словами, эмпирическое распределение оценок будет максимально близко к теоретическому. При этом отдельные субъективные матричные оценки экспертов могут в своём большинстве выполнять или в некоторых случаях не выполнять условие OC в МАИ. Поэтому добиваться в исследовании эталонного значения OC для обобщённых экспертных оценок в матрицах МАИ для всей иерархии не имеет смысла без дополнительной проверки этих оценок по указанным статистическим

критериям. При этом первоначально необходимо убедиться в выполнении условия $OC < 0,1$ для субъективных матричных оценок каждого эксперта во всей иерархии.

Данная статья не направлена на научную критику изложенных авторами положений МАИ и не предполагает их подробное описание с соответствующей научной аргументацией. Представленные авторами статьи и их коллегами замечания периодически фиксируются уже на протяжении пяти лет в работе разных экспертных групп, использующих МАИ. С момента первых публикаций Т. Саати в научном мире не прекращаются дискуссии по поводу указанных и других существующих проблем применения МАИ в разных сферах человеческой деятельности. Постоянно предлагаются всевозможные пути его модернизации для устранения этих проблем.

В предлагаемой методике тоже рассмотрены такие пути в виде использования статистического критерия хи-квадрат (критерий Пирсона) или критерия согласия (Колмогорова-Смирнова). Какие-либо другие статистические инструменты типа классического регрессионного анализа разных видов, дисперсионного и т. д. не подходят для данной методики по следующим причинам:

1) не всегда есть возможность сформировать достаточную выборку ближе к среднему её значению из числа экспертов / собственников для проведения регрессионного анализа;

2) нет возможности оценки тесноты связи или стохастической зависимости полученных статистических данных в МАИ и поэтому теряется смысл и логика в расчёте коэффициента детерминированности;

3) сложности подбора функции для построения теоретической кривой;

4) другие более частные случаи и проблемы.

Критерий Пирсона и критерий Колмогорова-Смирнова помогут решить следующие задачи в методике.

1. Придать полученным матричным оценкам a_{ij}^A в МАИ статистическую значимость в ходе проведения их проверки по заданным критериям. Это решение даёт возможность дополнить показатель ОС в МАИ со всеми его недостатками или частично, или даже полностью его заменить. Авторы статьи считают, что проверка отношения согласованности выставленных именно агрегированных оценок a_{ij}^A в матрицах (когда в оценивании участвует

группа экспертов) лишена практического смысла. Потому что по выстроенной логике Т. Саати проверяются, как согласованы эти оценки в границах матриц. Проверка согласованности экспертных суждений в конкретной матричной оценке a_{ij}^A в МАИ не предусмотрена.

2. Согласовать управленческие решения экспертов/собственников через статистическую проверку матричных оценок a_{ij}^A в МАИ.

Если оценки по указанным критериям попадут в зону статистической значимости, то можно будет отметить тот факт, что оценённые суждения экспертов / собственников по распределению прибыли будут согласованы.

3. Устранить указанный выше по тексту недостаток МАИ для методики в части не всегда корректно полученных значений ИС_р и ОС соответствующих заданному эталону Т. Саати. Действительно, этот спорный в науке тезис по поводу корректности использования ИС_р и ОС по своему решается в данной статье для повышения качества исполнения методики.

4. Провести двойную или даже тройную проверку или при необходимости перепроверку выставленных экспертами / собственниками матричных оценок a_{ij}^A в МАИ. Решение, описанное в этом пункте, существенно расширяет горизонты возможностей применения не только предлагаемой в статье методики, но и МАИ в целом как научного метода исследования в целом.

Дополнительно следует знать, что на практике даже удовлетворительный показатель ОС в МАИ не является гарантом согласования управленческих решений экспертов / собственников. Если при реализации проверки согласованности решений в виде матричных оценок a_{ij}^A в МАИ будет получено неравенство $OC \leq 0,1$, то критерии Пирсона и/или Колмогорова-Смирнова могут дать отрицательный результат. Возможна и обратная ситуация. Так или иначе эти практические ситуации связаны с указанными выше в тексте статьи недостатками МАИ в части ИС и ОС. Авторы методики рекомендуют в большей степени полагаться на результаты согласования по критериям Пирсона и Колмогорова-Смирнова. Наивысшей степенью согласованности управленческих решений распределения чистой прибыли предприятия будут удовлетворительные показатели и ОС в МАИ и критерии. Тогда указанная задача номер четыре будет решена в полной мере для методики.

В качестве особых условий для возможности интеграции критериев Пирсона и Колмогорова-Смирнова в методику через устранения недостатков МАИ следует отметить следующие.

1. Преобразование выборки эксперты / собственники в голоса с учётом долей в уставном капитале. Например, пять собственников с долями в уставном капитале предприятия 40, 30, 10, 10, 10% – это 100%. Тогда фактическое значение количества экспертов / собственников после преобразования в эмпирическое значение голосов согласно указанным долям будут иметь вид 40, 30, 10, 10, 10 голосов – это 100 голосов. Таким образом, выборка в 5 человек была преобразована в выборку 100 голосов. Если доли в уставном капитале представлены с учётом десятых (например, в уставном капитале есть доля 0,5%), тогда можно сделать преобразование в выборку 1000 голосов. При необходимости можно учесть и сотые (например, есть такие доли в уставном капитале, как 0,05%, тогда подойдёт выборка в 10 000 голосов). Это возможно только для акционерных обществ с сотнями или даже тысячами собственников. Конечно, для больших по численности собственников в обществе появляются свои организационные сложности реализации методики. Но эта сложность преодолевается благодаря использованию информационных технологий: электронная переписка, видеоконференция, программы для обработки данных MS-Excel и т. д.

2. В методике нет разницы, какое количество собственников/экспертов преобразовывать в выборку 100, 1 000, 10 000 или даже 100 000 голосов и нет важности какие у них веса / доли в уставном капитале.

3. Если какой-либо собственник в силу каких-либо обстоятельств не участвует в процессе разработки управленческого решения распределения чистой прибыли, то ему автоматически присваиваются матричные оценки $a_{ij} = 1$ для всех матриц и иерархий. Эта оценка демонстрирует равнозначность или безразличие собственника к данному процессу.

4. Последнее особое условие даёт возможность в методике каждому эксперту/собственнику привлечь к разработке управленческих решений любое количество доверенных лиц в границах своей доли уставного капитала, преобразованной в голоса. Например, доля в 12% равна 12 голосам, даёт возможность привлечь собственнику от 1 до 12 доверенных лиц, включая вариант замещения собственного голоса в рамках выборки 100 голосов. Или же самостоятельно принимать решения 12 голосами.

Поэтому все статистические манипуляции с весовыми категориями, долями и преобразованиями в голоса целесообразны и этим четвёртым особым условием подтверждаются.

Эти особые условия сделают предлагаемую методику разработки согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли на предприятии и МАИ наиболее универсальными, гибкими и применимыми для решения разных экономико-управленческих задач на практике и в науке.

Теперь перейдём к раскрытию сути интеграции критериев Пирсона и Колмогорова-Смирнова в методику.

Первоначальным источником критерия хи-квадрат является статья К. Пирсона «On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling» (в оригинале) [25]. Продолжили исследование критерия Х. Чернов и Е.Л. Леман [18]. Наиболее известные современные научные труды по использованию критерия в математической статистике известны под редакцией авторов Дж.В. Кордера, Д.И. Форемана [17], В. Багдонавициуса, М.С. Никулина [16, 19] и П.Е. Гринвуд [19].

Критерий Пирсона построен так, что при полном совпадении экспериментального и теоретического распределений значения хи-квадрат, чем больше расхождение между сопоставляемыми распределениями, тем больше величина эмпирического значения хи-квадрат. Основная расчетная формула критерия хи-квадрат ($\chi^2_{\text{эмп.}}$) выглядит следующим образом [5]:

$$\chi^2_{\text{эмп.}} = \sum_{i=1}^k \frac{(f_{\text{эмп.}} - f_{\text{теор.}})^2}{f_{\text{теор.}}}, \quad (10)$$

где $f_{\text{эмп.}}$ – эмпирическая частота в форме матричных оценок управленческих решений распределения чистой прибыли a_{ij}^n в МАИ, выставленных экспертами/собственниками по шкале Т. Саати, баллы; $f_{\text{теор.}}$ – теоретическая частота в форме равного распределения матричных оценок управленческих решений распределения чистой прибыли a_{ij}^n в МАИ, выставленных по шкале Т. Саати, баллы; k – количество разрядов признака в форме полной или модифицированной шкалы Т. Саати.

Полученный критерий подвергается процедуре сравнения с табличным его значением ($\chi^2_{\text{табл.}}$), соответствующим выбираемому

уровню статистической значимости 0,01 или 0,05 при определённой степени свободы. Для принятия альтернативной гипотезы H_1 о различии эмпирической и теоретической частоты следует выполнять условия неравенства ($\chi_{\text{табл.}}^2 < \chi_{\text{эмп.}}^2$), тогда матричные оценки a_{ij}^A в МАИ будут статистически значимы и их следует принять. В противном случае принимается гипотеза H_0 о сходстве частот, тогда полученные результаты матричной оценки a_{ij}^A в МАИ потеряют статистический смысл.

Критерий Колмогорова-Смирнова базируется на публикациях отечественных и зарубежных авторов А.Н. Колмогоров [22], Н.В. Смирнов [14] и Х.В. Лилиэфорс [24]. Его эмпирическую величину ($D_{\text{эмп.}}$) вычисляют по следующей формуле [5]:

$$D_{\text{эмп.}} = \frac{\max |FE - FB|}{n}, \quad (11)$$

где E – частоты теоретические в форме равного распределения матричных оценок управленческих решений распределения чистой прибыли a_{ij}^n в МАИ, выставленных по шкале Т. Саати, баллы; B – частоты эмпирические в форме матричных оценок управленческих решений распределения чистой прибыли a_{ij}^n в МАИ, выставленных экспертами / собственниками по шкале Т. Саати, баллы; FE – накопленные теоретические частоты, баллы; FB – накопленные эмпирические частоты, баллы; $|FE - FB|$ – разница накопленных частот в абсолютном выражении, баллы.

Далее эмпирически полученный критерий сравнивают с его табличным критическим значением. В том случае если число элементов выборки больше 100, то величина критических значений критерия вычисляется по формуле [5]:

$$D_{\text{кр}} = \begin{cases} \frac{1,36}{\sqrt{n}} & \text{для } P \leq 0,05 \\ \frac{1,63}{\sqrt{n}} & \text{для } P \leq 0,01 \end{cases}, \quad (12)$$

где P – уровень значимости вероятность ошибочного отклонения нулевой гипотезы.

В любом из указанных случаев полученные матричные оценки a_{ij}^A в МАИ следует принимать в том случае, когда гипотеза H_0 о сходстве эмпирической и теоретической частоты отклоняется, а альтернативная гипотеза H_1 об их различии принимается. Такое возможно только тогда, когда соблюдаются условия неравенства ($D_{\text{кр.}}^{0,05} < D_{\text{эмп.}}$) или ($D_{\text{кр.}}^{0,01} < D_{\text{эмп.}}$).

Следует сделать одно замечание по поводу того, что не все матричные оценки a_{ij} в МАИ следует подвергать проверке на согласованность по критериям. Так как матрица парных оценок обладает свойством обратной симметричности, то выбираются оценки либо из верхней, либо из нижней её части, разделяемой диагональной линией из однозначных суждений в виде единиц (таблица 2).

Для того чтобы расширить возможности использования в методике указанных критериев для малых и очень малых выборок, необходимо модифицировать 9-балльную числовую шкалу Т. Саати (таблица 1) для уменьшения количества разрядов признака. Если принять шкалу Т. Саати в полном объёме, то получится 17 разрядов признака по балльным оценкам с учётом обратной симметричности как основной характеристики парных сравнений в матрице МАИ. Для матрицы парных сравнений $A = (a_{ij})$ интенсивность предпочтений a_i над a_j восемь разрядов признака по оценкам: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 баллов. Другие восемь разрядов признака при обратной интенсивности предпочтения a_j над a_i по оценкам: 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9 баллов. Один разряд признака соответствует единице при равнозначности предпочтения a_i и a_j .

Предлагается сделать допущения, связанные с интеграцией оценок по группам для 9- и 7-балльной модификации полной шкалы Т. Саати.

Десятибалльная модифицированная шкала по группам оценок: 9 и 8; 7 и 6; 5 и 4; 3 и 2; 1; 1/2 и 1/3; 1/4 и 1/5; 1/6 и 1/7; 1/8 и 1/9 баллов.

Семибалльная модифицированная шкала по группам оценок: 9, 8 и 7; 6, 5 и 4; 3 и 2; 1; 1/2 и 1/3; 1/4, 1/5 и 1/6; 1/7, 1/8 и 1/9 баллов.

Если принять во внимание все четыре особых условия, то для вычислений критериев Пирсона и Колмогорова-Смирнова, в первую очередь, выбирается оригинальный вариант числовой шкалы Т. Саати. Если эмпирические их значения будут меньше табличных, тогда сначала можно будет использовать 9-балльную модификацию, а уже потом 7-балльную. Если общее количество экспертов/собственников будет менее 10–15 человек даже при выборке 100 голосов, то в методике рекомендуется использовать 9- или 7-балльную модификацию шкалы Т. Саати.

При реализации методики на практике может получиться такая ситуация, что матричные оценки a_{ij}^A в МАИ будут получены не по всем отдельным оценкам полной числовой шкалы Т. Саати или группам оценок по предложенным модифицированным шкалам. Вероятность проявления такой ситуаций тем больше, чем

меньше количество экспертов / собственников (стремится к количеству 10 человек и даже к меньшему числу). Тогда тот разрядный признак, где будет получено значение ноль, исключается из расчёта критериев Пирсона и Колмогорова-Смирнова. Это действие позволит уменьшить количество степеней свободы и тем самым повысить уровень согласованности управленческих решений по распределению чистой прибыли предприятия.

В том случае если при всех рассмотренных особых условиях, допущениях и ситуациях при расчёте критериев Пирсона и / или Колмогорова-

Смирнова всё равно будут получены значения меньше табличных в 30–50% случаев по всем матричным оценкам в одной или нескольких иерархиях, то на предприятии присутствует явно выраженный конфликт интересов экспертов / собственников. Этот конфликт интересов можно измерить при помощи такого в методике показателя, как уровень результирующей согласованности решений (УРСР) при помощи вербально-числовой шкалы Е. Харрингтона в сочетании с такими характеристиками, как консенсус, компромисс, конфликт средней и высшей тяжести (таблица 4).

Таблица 4.

Шкала определения УРСР экспертов/собственников для методики

Table 4.

Determining the scale URSR owners/experts to techniques

Шкала Е. Харрингтона Harrington scale		Шкала определения УРСР экспертов / собственников для методики URSR scale to determine the owners/experts for the method	
Вербальные характеристики Verbal characteristics	Числовые характеристики Numerical characteristics	Вербальные характеристики Verbal characteristics	
Очень высокая оценка Very high assessment	0,8–1	Консенсус Consensus	
Высокая оценка High assessment	0,64–0,8	Компромисс Compromise	
Средняя оценка Medium assessment	0,37–0,64	Конфликт средней тяжести Medium severity conflict	
Низкая оценка Low assessment	0,2–0,37	Конфликт высшей тяжести High severity conflict	
Очень низкая оценка Very low assessment	0–0,2		

Показатель УРСР есть своего рода альтернатива ОС в МАИ для одной или нескольких иерархий.

Если УРСР попадает в числовые характеристики 0,0–0,2 или 0,20–0,37 или 0,37–0,64, тогда матричные оценки a_{ij}^A в МАИ для иерархии (-ий) следует признать несостоятельными из-за рассогласованности управленческих решений распределения чистой прибыли предприятия. Тогда следует воспользоваться следующими рекомендациями.

1. Провести общее собрание (возможно в дистанционном формате) со всеми собственниками / экспертами и их доверенными и дополнительно привлечёнными лицами. Суть такого мероприятия заключается в попытке обсудить существующие проблемы и найти общие точки соприкосновения, связанные с распределением чистой прибыли.

2. Дополнительно привлечь к собранию авторитетных экспертов из бизнес-среды для исполнения роли спикеров, секундантов или ведущих, возможно со специально подготовленными программами-тренингами по согласованию интересов сторон.

Сам показатель УРСР предлагается рассчитывать в методике следующим образом:

$$УРСР = \left(1 - \frac{\sum a_{ij}^{Ahm}}{\sum a_{ij}^{Ahm}} \right), \quad (13)$$

где $\sum a_{ij}^{Ahm}$ – сумма всех матричных оценок в МАИ из всех иерархий, не прошедших проверку по критерию Пирсона и / или Колмогорова-Смирнова, баллы; $\sum a_{ij}^{Ahm}$ – сумма всех матричных оценок в МАИ из всех иерархий, баллы; h – принадлежность матричной оценки к определённой иерархии; m – принадлежность матричной оценки к конкретной матрице в иерархии.

Следует помнить, что матричные оценки a_{ij}^{Anm} берутся только верхние или только нижние по отношению к диагонали матрицы (см. таблицу 2).

При необходимости показатель УРСР можно вычислять для каждой иерархии по отдельности, для каждой отдельной матрицы в иерархии и для каждой оценки в матрице. Методика допускает возможность использования

разно-уровневых иерархий с разным количеством элементов и их содержанием, разным количеством самих иерархий. В методике ограничений нет. Эксперты / собственники сами разрабатывают иерархию (-ии) и / или привлекают к этому процессу специалистов. Результаты апробации содержат три иерархии, которые представлены ниже.

Для решения проблемы с неудовлетворительными показателями критериев Пирсона и Колмогорова-Смирнова, которые в своей совокупности могут дать низкий показатель УРСР, в методике сложно реализовать такую статистическую манипуляцию, как замена экспертов в выборке или увеличение выборки, так как число собственников на предприятии – это всегда одно конкретное число. И именно собственники принимают управленческие решения, связанные с распределением чистой прибыли предприятия. И они не всегда хотят привлекать к процессу распределения чистой прибыли других лиц, даже если эти лица являются высококвалифицированными специалистами.

Однако для повышения уровня согласованности решений при помощи рассматриваемых в методике критериев можно расширить выборку при помощи привлечения каких-либо внешних специалистов, менеджеров среднего и высшего звена предприятия и других лиц. Это возможно в том случае, если собственники сами согласятся пойти на этот шаг. Тогда собственники могут сформировать дополнительный вес для каждого привлечённого эксперта по своему усмотрению и ограничение в 100 голосов (при единичном округлении долей в уставном капитале предприятия) будет возможно преодолеть до следующих значений:

1) низкая степень влияния на процесс принятия управленческих решений дополнительно привлечённых экспертов при небольшом превышении табличных значений над эмпирическими по критериям «выборка $100 + 10 - 20$ голосов»;

2) средняя степень влияния на процесс принятия управленческих решений дополнительно привлечённых экспертов при большом превышении табличных значений над эмпирическими по критериям «выборка $100 + 21 - 50$ голосов»;

3) высокая степень влияния на процесс принятия управленческих решений дополнительно привлечённых экспертов при очень большом превышении табличных значений над эмпирическими по критериям «выборка $100 + 51 - 100$ голосов».

4) для выборок в 1000, 10 000 и 100 000 действия аналогичные, как и в 1–3 пункте.

Возможно и расширение выборки до общего значения более 200 голосов, но тогда значимость управленческих решений экспертов / собственников начнёт «растворяться». Если собственники готовы пойти на этот риск, то ограничений для формирования выборки нет.

Таким образом, появляется возможность использования критериев Пирсона и Колмогорова-Смирнова от очень малых до больших значений выборки в методике разработки согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли предприятия. После того как раскрыты теоретические основы методики, перейдём к результатам её апробации.

Цель исследования заключается в разработке согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли для собственников предприятия. В качестве предметной области исследования следует выделить процесс распределения чистой прибыли предприятия. В качестве объекта (базы) исследования выбрано предприятие ООО «Магма». Предприятие работает на рынке производства и продажи мебели из стекла, нарезки и обработки стекла и зеркал более десяти лет.

В ООО «Магма» на момент проведения исследования было пять собственников, каждый имел свою долю в уставном капитале: 38; 26; 18; 12 и 6%. Именно такие весовые категории в соответствии с формулами (4), (5) и (6) были присвоены экспертам / собственникам. Других лиц, привлечённых в рамках долей собственников или дополнительно сверх выборки 100 голосов, в этом исследовании не было.

В ходе апробации методики решались следующие задачи: сформировать группу экспертов / собственников; провести экспресс-курсы освоения предлагаемой методики на базе МАИ; непосредственно апробация методики; принятие разработанных управленческих решений распределения чистой прибыли и их реализация.

Руководство предприятия заинтересовалось методикой принятия согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли на предприятии ООО «Магма». Апробация проводилась на базе диалоговой программы системы «MPRIORITY», предназначенной для поддержки принятия решений в различных сферах человеческой деятельности. Программа создана на языке программирования C++ в среде Borland C++ Builder и отвечает всем современным требованиям, предъявляемым к программному обеспечению. Система обладает собственным инсталлятором, позволяющим корректно установить себя на компьютер пользователя (зарегистрироваться в реестре операционной системы, вывести свою иконку на панель управления и т. д.),

деинсталлятором, позволяющим корректно удалить систему с компьютера пользователя, и достаточно подробной сопроводительной документацией [15].

Прежде чем эксперты приступили к разработке управленческих решений распределения чистой прибыли предприятия, для них были организованы экспресс-курсы освоения предлагаемой методики на базе МАИ средствами программы «MPRIORITY» сроком на 5 дней. После проведения экспресс-курсов эксперты приступили к апробации методики в пять этапов:

- 1) формирование экспертами иерархий;
- 2) проведение процедуры попарных сравнений в диалоговой системе «MPRIORITY» на базе сформированных иерархий;
- 3) сбор и обработка полученных экспертных данных для согласования управленческих решений распределения чистой прибыли предприятия;
- 4) разработка согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли предприятия;
- 5) реализация разработанных согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли на предприятии.

На первом этапе авторы статьи совместно с экспертами разработали три взаимосвязанных иерархии, показанных на рисунке 1, 2 и 3 в форме скриншотов из диалоговой системы «MPRIORITY».

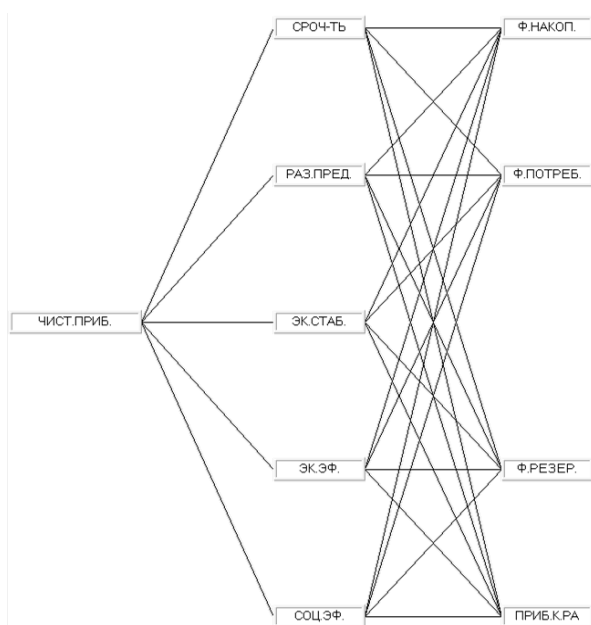


Рисунок 1. Иерархия № 1 распределения чистой прибыли на предприятии ООО «Магма»

Figure 1. Hierarchy № 1 distribution of net profit in the company «Magma»

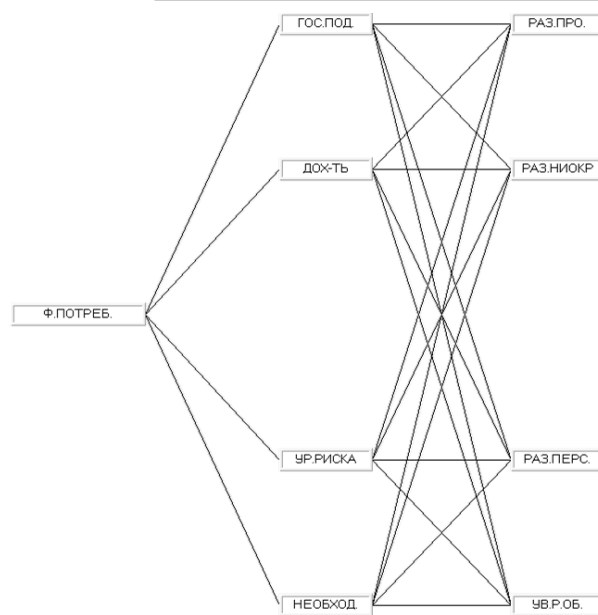


Рисунок 2. Иерархия № 2 распределения чистой прибыли в фонде потребления на предприятии ООО «Магма»

Figure 2. The hierarchy of No. 2 distribution of net income in the consumption-Fund in the Magma company

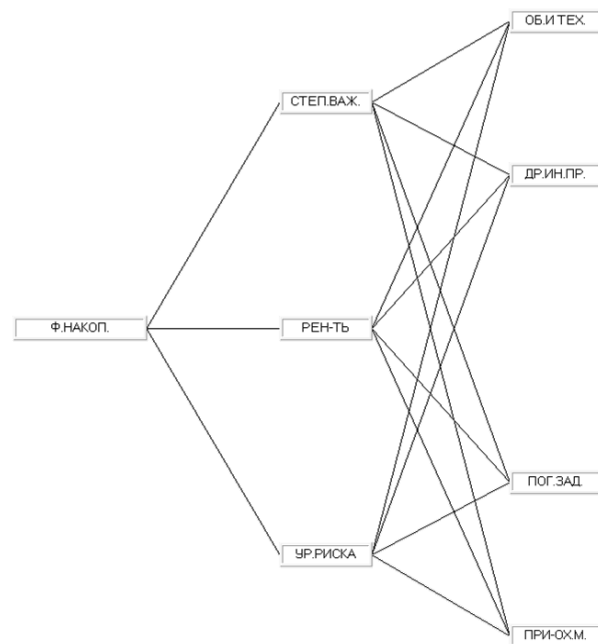


Рисунок 3. Иерархия № 3 распределения чистой прибыли в фонде накопления на предприятии ООО «Магма»

Figure 3. The hierarchy number 3 of the net profit distribution in the accumulation Fund the Magma company

На первом уровне иерархии № 1 сформулирована проблема разработки согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли на предприятии ООО «Магма». Проблема обозначена в виде аббревиатуры «ЧИСТ.ПРИБ.» (ниже по тексту все принятые аббревиатуры в иерархии будут пояснены таким же образом).

На втором уровне иерархии № 1 показаны критерии распределения чистой прибыли: срочность – «СРОЧ.ТЬ»; развитие предприятия – «РАЗ.ПРЕД.»; экономическая стабильность – «ЭК.СТАБ.»; экономическая эффективность – «ЭК.ЭФ.»; социальная эффективность – «СОЦ.ЭФ.» Эксперты заложили следующий смысл в эти критерии.

Срочность – это своевременное распределение чистой прибыли и её возврат в виде социального или экономического эффекта для предприятия.

Развитие предприятия – этот критерий позволяет использовать чистую прибыль в долгосрочных программах или проектах, способствует сохранению курса устойчивого развития предприятия.

Экономическая стабильность – этот критерий распределения чистой прибыли позволит предприятию не утратить, а зафиксировать своё экономическое положение на рынке.

Экономическая эффективность – по этому критерию оценивается распределение чистой прибыли в те направления, которые будут обладать наивысшей степенью возврата и приращения денежного потока.

Социальная эффективность – данный критерий позволит распределить чистую прибыль для получения наибольшего социального результата, необходимого для развития предприятия.

На третьем уровне иерархии № 1 изображены исходы в виде управленческих решений распределения чистой прибыли. К ним относятся: фонд накопления – «Ф.НАКОП.»; фонд потребления – «Ф.ПОТРЕБ.»; фонд резервный – «Ф.РЕЗЕР.»; прибыль к распределению между собственниками – «ПРИБ.К.РА.»

В современной нормативно-правовой и научной литературе по управлению финансами и бухгалтерскому учёту закладываются следующие общепринятые смыслы по распределению чистой прибыли по фондам предприятия.

Фонд накопления предназначается для финансового обеспечения производственного развития предприятия и иных аналогичных мероприятий по созданию нового имущества. За счет данного фонда осуществляются финансирование строительства новых производственных объектов, расширение и реконструкция предприятия, приобретение и модернизация оборудования, погашение долгосрочных кредитов и процентов по ним, финансирование прироста собственных оборотных средств и др. Эксперты/собственники посчитали необходимым сделать отдельную иерархию № 3 (рисунок 3) для детализации управленческих решений распределения чистой прибыли предприятия.

Фонд потребления аккумулирует средства, направляемые на осуществление мероприятий по развитию социальной сферы и материальному поощрению работников и иных аналогичных мероприятий, не приводящих к образованию нового имущества предприятия. Для этого исхода по мнению экспертов / собственников тоже сделана отдельная иерархия № 2 (рисунок 2) для уточнения управленческих решений распределения чистой прибыли предприятия.

Резервный фонд предназначен для покрытия непроизводительных потерь и убытков, покрытия балансового убытка предприятия за отчетный год, а также выплат доходов участникам при отсутствии или недостаточности для этих целей прибыли отчетного года. По мнению экспертов, этот исход является резервом в единичном виде «на всякий случай» и нет необходимости в его дифференциации в качестве отдельной иерархии.

Последний исход – это прибыль к распределению между собственниками на удовлетворение их личных нужд. Этот исход в форме определённой части чистой прибыли распределяется среди экспертов/собственников согласно их долям в уставном капитале (таблица 7). Поэтому нет смысла делать отдельную иерархию для этого исхода.

Распределение чистой прибыли внутри фондов потребления и накопления представлено в виде отдельных иерархий № 1 и № 2. Эти иерархии представлены отдельно от иерархии № 1 для удобства и простоты апробации методики экспертами предприятия.

В качестве критериев на втором уровне иерархии № 2 выступили: государственная поддержка – «ГОС.ПОД.»; доходность – «ДОХ.ТЬ»; уровень риска – УР.РИСКА; необходимость – «НЕОБХОД.». В этом случае эксперты заложили следующий смысл в критерии оценки распределения чистой прибыли для принятия согласованных управленческих решений.

Государственная поддержка является важным критерием по причине того, что различные направления распределения чистой прибыли правового, экономического и политического характера способствуют развитию предпринимательства, учитывают интересы субъекта экономической деятельности и всех структур государства.

Критерий доходности позволяет оценить отдачу от распределения чистой прибыли в абсолютном или процентном выражении.

Критерий уровень риска даёт возможность оценить, насколько рискованно или нет распределять чистую прибыль по направлениям фонда потребления на предприятии.

Критерий необходимости позволяет определить потребность в денежном потоке того или иного направления распределения чистой прибыли внутри фонда потребления на предприятии.

В качестве исходов третьего уровня иерархии № 2 эксперты выделили: развитие производства – «РАЗ.ПРО.»; развитие НИОКР – «РАЗ.НИОКР»; развитие персонала – «РАЗ.ПЕРС.»; увеличение размера оборотных средств – «УВ.Р.ОБ.».

Развитие производства – это вложения чистой прибыли в разработку и реализацию основных направлений деятельности предприятия в области выпуска продукции.

Развитие НИОКР – это распределение чистой прибыли в пользу совокупности работ, направленных на получение новых знаний и практическое применение при создании нового изделия или технологии на предприятии.

Развитие персонала – это направление чистой прибыли на комплекс мероприятий повышению профессиональной и управленческой компетентности сотрудников для увеличения производительности труда, сокращения производственных и экономических потерь, связанных с влиянием человеческого фактора на предприятии.

Увеличение размера оборотных средств может быть достигнуто за счёт вложения чистой прибыли для осуществления постоянной деятельности предприятия. В качестве оборотных средств выступают производственные запасы, незавершенное производство, запасы готовой и отгруженной продукции, дебиторская задолженность, а также наличные деньги в кассе и денежные средства на счетах предприятия.

Критериями второго уровня иерархии № 3 выступили: степень важности – «СТЕП.ВАЖ.»; рентабельность – «РЕН-ТЬ»; уровень риска – «УР.РИСКА». Эксперты эти критерии пояснили следующим образом.

Степень важности финансирования того или иного направления в фонде накопления.

Критерий рентабельности определяет те направления распределения чистой прибыли в фонде накопления, где процент отдачи будет выше.

По критерию уровень риска оценивается распределение чистой прибыли в те направления фонда накопления, где запланированная отдача будет иметь высокую степень определённости с минимальными потерями.

Под исходами третьего уровня иерархии № 3 эксперты понимают следующее: оборудование и технологии – «ОБ.И ТЕХ.»; другие инвестиционные проекты «ДР.ИН.ПР.»; погашение задолженности «ПОГ.ЗАД.»; природоохранные мероприятия «ПРИ-ОХ.М.».

Оборудование и технологии, по сути, это финансирование в производственные мощности предприятия и способы производства продукции.

Другие инвестиционные проекты – это распределение чистой прибыли в проекты, бизнес-планы и программы, не связанные с основным видом деятельности предприятия [30].

Погашение задолженности – это направление денежных средств на процесс выплаты долгов, которые образовались вследствие хозяйственных отношений (покупка товаров или услуг) между предприятием и другими физическими или юридическими лицами.

Природоохранные мероприятия – это вложения чистой прибыли в мероприятия, направленные на уменьшение и / или ликвидацию отрицательного воздействия на окружающую среду производственной деятельности предприятия, сохранение, улучшение и рациональное использование природно-ресурсного потенциала региона.

На втором этапе каждый эксперт самостоятельно и независимо реализовывал процедуру попарных сравнений и оценивания в диалоговой системе «MPRIORITY» на базе сформированных иерархий. Представим пример реализации процедуры сравнения / оценивания критериев развития предприятия и срочности распределения чистой прибыли из иерархии № 1 на рисунке 4.

Рисунок 4. Шкала экспертных суждений для сравнения/оценивания критериев распределения чистой прибыли предприятия ООО «Магма» в «MPRIORITY»

Figure 4. Scale of expert judgments for comparison / evaluation of criteria for distribution of net profit of «Magma» company in «MPRIORITY»

Оценивание критериев осуществлялось по вербально-числовой шкале Т. Саати (таблица 1). В диалоговой системе «MPRIORITY» для лучшего восприятия и удобства работы экспертов используется вербальная часть шкалы Т. Саати. После реализации процедуры сравнения программа самостоятельно переводит вербальные характеристики в числовые для заполнения матрицы. На рисунке 5 представлен пример типовой матрицы попарной оценки исходов распределения чистой прибыли на третьем уровне иерархии № 1 по критерию развития предприятия в диалоговой системе «MPRIORITY». Программа автоматически производит расчёты по формулам (1)–(3).

В результате работы экспертов по оцениванию управленческих решений распределения чистой прибыли с учётом критерия развития предприятия видно, что наивысшее значение для них имеет исход фонда резервирования свободных денежных средств со значением вектора приоритета 0,5868. Среднее значение имеет прибыль к распределению между собственниками предприятия 0,2288 и низшее значение имеют остальные два фонда потребления 0,1099 и накопления 0,0743.

Производим попарные сравнения относительно объекта					
РАЗ.ПРЕД.					
	1.	2.	3.	4.	Приоритет
1. Ф.НАКОП.	1	1/4	1/3	1/3	0,0743
2. Ф.ПОТРЕБ.	4	1	1/6	1/5	0,1099
3. Ф.РЕЗЕР.	3	6	1	6	0,5868
4. ПРИБ.К.РА	3	5	1/6	1	0,2288

СЗ: 4,9214 Применить
 ИС: 0,3071 Закрыть
 ОС: 0,3412 Отмена Исследовать

Рисунок 5. Результат попарной оценки распределения чистой прибыли по критерию развитие предприятия ООО «Магма» в «MPRIORITY»

Figure 5. The result of pair-wise evaluation of the distribution of net profit according to the criterion of the development of the company, «Magma» in the «MPRIORITY»

Все остальные действия экспертов по реализации второго этапа предлагаемой методики для всех иерархий и матриц аналогичные. Поэтому нет смысла демонстрировать этот промежуточный этап методики в полном объёме.

На третьем этапе реализации методики произведен сбор и обработка полученных экспертных данных для согласования управленческих решений распределения чистой прибыли предприятия. Для этого все выставленные экспертами матричные оценки a_{ij} во всех трёх иерархиях подверглись процедуре усреднения с учётом их весовых категорий по формуле (4). Например, значение матричной оценки a_{34}^A , показанной на рисунке 5, было получено следующим образом:

$$a_{34}^A = \frac{6 \times 38\% + 5 \times 26\% + 8 \times 18\% + 1 / 2 \times 12\% + 9 \times 6\%}{100\%} = 5,62 \approx 6 \text{ баллов}$$

Данные действия были реализованы в программе MS-Excel, так как диалоговая система «MPRIORITY» не позволяет работать с весовыми категориями экспертов, она по умолчанию присваивает каждому эксперту вес 1. Если допустить, что у всех экспертов будет вес 1, то это приведёт к некорректному использованию методики для разработки и принятия согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли предприятия. Состояние согласованности решений будет трудно достижимо и это, в свою очередь, приведёт к острой фазе конфликта интересов экспертов/собственников.

Далее полученные усреднённые оценки с учётом весов из программы MS-Excel были переведены в диалоговую систему «MPRIORITY» для всех трёх иерархий. После этого произведена проверка всех 15 матриц, во всех трёх иерархиях по показателям собственного числа матрицы, индекса согласованности и отношения согласованности, что соответствует обозначениям СЗ, ИС и ОС в диалоговой системе «MPRIORITY» (см. рисунок 5). В большинстве случаев было выполнено условие неравенства $ОС \leq 0,1$. В пяти случаях получено значение $ОС > 0,1$. В таких случаях матричные оценки a_{ij}^A были приняты на основании полученных удовлетворительных критериев Пирсона и Колмогорова-Смирнова. В статье нет возможности показать все результаты вычислений. Поэтому приведём один пример и для этого возьмём ранее приведённую матрицу на рисунке 5, где $ОС(0,3412) > 0,1$, и произведём расчёт критериев согласованности для оценки a_{34}^A в таблицах 5 и 6.

Таблица 5.

Результаты оценки согласованности управленческих решений по критерию Пирсона для оценки a_{34}^A в матрице распределения чистой прибыли по критерию развитие предприятия ООО «Магма» из иерархии № 1

Table 5.

The results of the consistency assessment of management decisions on the Pearson criterion for the evaluation of a_{34}^A in the matrix of the distribution of net profit on the criterion of development of the company

«Magma» from the hierarchy № 1

Оценка согласованности управленческих решений распределения чистой прибыли предприятия для матричной оценки a_{34}^A , баллы Assessment of management decisions coherence of enterprise net profit distribution for a_{34}^A matrix evaluation, points		Промежуточные и результирующие расчёты критериев хи-квадрат для матричной оценки a_{34}^A Intermediate and resulting calculations of Chi-square criteria matrix evaluation a_{34}^A				
		$f_{\text{эмп.}}$ *	$f_{\text{теор.}}$	$f_{\text{эмп.}} - f_{\text{теор.}}$	$(f_{\text{эмп.}} - f_{\text{теор.}})^2$	$(f_{\text{эмп.}} - f_{\text{теор.}})^2 / f_{\text{теор.}}$
Разряды признаков по 9-балльной модифицированной шкале Т. Саати Tag bits under 9-point modified T. Saaty scale	9 и 8	6+18=24	25	-1	1	0,04
	7 и 6	38	25	13	169	6,76
	5 и 4	26	25	1	1	0,04
	3 и 2					
	1					
	1/2 и 1/3	12	25	-13	169	6,76
	1/4 и 1/5					
	1/6 и 1/7					
	1/8 и 1/9					
Суммы Totals		100	100	0		<u>13,6</u>
Выборка, эксперт / собственник Sample, expert/owner		5				
Выборка в голосах с учётом доли в уставном капитале Sample in votes with account of stake in the equity capital		100				
Степень свободы (4 – 1) Degree of freedom (4-1)		3				
Хи-квадрат табличное ($\chi_{\text{табл.}}^2$) Chi-square table ($\chi_{\text{табл.}}^2$)		для for $p \leq 0,01$ 11,3 для for $p \leq 0,05$ 7,8				
Гипотеза H_0 о сходстве отклоняется H_0 hypothesis of similarity is declined		$\chi_{\text{табл.}}^2$ 11,3 (7,8) < <u>13,6</u>				
Альтернативная гипотеза H_1 о различии принимается Alternative hypothesis of H_1 difference is accepted		средняя матричная оценка a_{34}^A , статистически значима <u>6 баллов</u> Average matrix assessment a_{34}^A is statistically significant <u>6 points</u>				

*Эмпирическая частота получена на базе долей экспертов / собственников в уставном капитале предприятия (38 %; 26 %; 18 %; 12 %; 6 %), переведённых в голоса (38; 26; 18; 12; 6).

Empirical frequency is obtained on the basis of experts/owners stakes in the enterprise equity capital (38%; 26%; 18%; 12%; 6%) transferred into votes (38; 26; 18; 12; 6).

Таблица 5 заполнялась следующим образом: выборка экспертов/собственников 5 человек была преобразована в выборку 100 по голосам; в данном примере использовалась 9-балльная модификация шкалы Т. Саати, из которой были исключены разрядные признаки по группам (3 и 2; 1; 1/4 и 1/5; 1/6 и 1/7; 1/8 и 1/9); после предыдущего действия получено значение степеней свободы 4 – 1; взяты в готовом виде табличные значения хи-квадрат для уровней значимости 0,01 и 0,05; расчётная часть таблицы

базируется на формуле (10); в результате промежуточных расчётов в последнем столбце получено эмпирическое значение хи-квадрат, которое сравнили с табличными для принятия матричной оценки a_{34}^A . Таким образом, условия неравенств были выполнены и принята гипотеза H_1 о различии частот. В этом частном случае получен хороший уровень согласованности управленческих решений распределения чистой прибыли предприятия ООО «Магма».

Результаты оценки согласованности управленческих решений по критерию
Колмогорова-Смирнова для оценки a_{34}^A в матрице распределения чистой прибыли
по критерию развитие предприятия ООО «Магма» из иерархии № 1

Table 6.

The results of the evaluation of the consistency of management decisions on the Kolmogorov-Smirnov test to assess a_{34}^A in the matrix of distribution of net profit according to the criterion of the development of the company "Magma" from the hierarchy № 1

Разряды признаков по 9-балльной модифицированной шкале Т. Саати Tag bits under T.Saaty 9 points modified scale	9 и 8	7 и 6	5 и 4	3 и 2	1/2 и 1/3	1/4 и 1/5	1/6 и 1/7	1/8 и 1/9
В – частоты эмпирические empirical frequencies	6 + 18 = 24	38	26		12			
Е – частоты теоретические The oretical frequencies	25	25	25		25			
FE – накопленные теоретические частоты Accumulated theoretical frequencies	75	25	50		100			
FB – накопленные эмпирические частоты accumulated empirical; frequencies	88	38	64		100			
FE-FB – разница накопленных частот в абсолютном выражении Difference of the accumulated frequencies in absolute terms	13	13	14		0			
Выборка, эксперт/собственник Sample expert/owner	5							
Выборка в голосах с учётом доли в уставном капитале Sample in votes with the account of shares in registered capital	100							
Критерий Колмогорова-Смирнова Kolmogorov-Smirnov criterion								
$D_{\text{эмп.}} = \frac{\max FE - FB }{n} = \frac{14}{100} = 0,14, D_{\text{кр.}}^{0,05} \left(\frac{1,36}{\sqrt{100}} = 0,136 \right) < D_{\text{эмп.}} (0,14), D_{\text{кр.}}^{0,01} \left(\frac{1,63}{\sqrt{100}} = 0,163 \right) > D_{\text{эмп.}} (0,14).$								
Средняя матричная оценка $a_{34}^A = 6$ баллов , статистически значима на уровне 0,05								
Average matrix evaluation $a_{34}^A = 6$ points, statistically significant at 0.05 level								

*Эмпирическая частота получена на базе долей экспертов / собственников в уставном капитале предприятия (38 %; 26 %; 18 %; 12 %; 6 %), переведённых в голоса (38; 26; 18; 12; 6).

Empirical frequency is obtained on the basis stakes of experts/owners in the enterprise registered capital (38%; 26%; 18%; 12%; 6%) transferred into votes (38; 26; 18; 12; 6).

Таблица 6 заполнялась следующим образом: в левой части представлены обозначения показателей формулы (11); в правой части таблицы произведены промежуточные расчёты для получения разницы накопленных частот в абсолютном выражении $|FE-FB|$ с учётом разрядов признаков по 9-балльной модифицированной шкале Т. Саати; в нижней части таблицы произведено вычисление критерия Колмогорова-Смирнова $D_{\text{эмп.}}$ по формуле (11); далее произведено сравнения эмпирически полученного и табличного значения критерия по уровням значимости 0,05 и 0,01.

Таким образом, критические значения критерия Колмогорова-Смирнова попали в зону значимости при $p = 0,05$ с небольшим отрывом в 0,004 от критической границы 0,136. Для критического значения $p = 0,01$ не удовлетворяет

требованиям неравенства в формуле (12). Поэтому гипотеза о сходстве теоретических и эмпирических частот H_0 отклоняется, а H_1 об их различии принимается только по параметру $p = 0,05$. Таким образом, среднее значение матричной оценки $a_{34}^A = 6$ баллов статистически значимо и принимается. В этом случае имеет место удовлетворительный уровень согласованности управленческих решений распределения чистой прибыли предприятия ООО «Магма».

Таким образом, управленческие решения в форме матричной оценки $a_{34}^A = 6$ баллов не прошли проверку по показателю ОС в МАИ, но вполне удовлетворяют требованиям критериев Пирсона и Колмагорова-Смирнов. Оценка уровня согласованности решений a_{ij}^A была произведена для всех 15 матриц парных сравнений

из всех трёх иерархий. Общее число матричных оценок a_{ij}^A в МАИ получилось 90! Ввиду такого большого массива статистических данных нет возможности их показать в статье. Однако следует отметить, что 78 оценок были согласованными, а 12 оценок не удовлетворили условия неравенств для критериев Пирсона и Колмогорова-Смирнова.

Но даже этот результат свидетельствует о высоком уровне качества реализации третьего этапа методики разработки согласованных решений распределения чистой прибыли на предприятии ООО «Магма» с результирующим уровнем согласованности, равным 0,85, вычисленным по формуле (13):

$$UPCP = \left(1 - \frac{12}{78}\right) = 0,85.$$

УРСР в размере 0,85 – очень высокая оценка, которая попадает в зону консенсуса интересов собственников согласно введённой шкале (таблица 4).

После того как в подавляющем большинстве матричных оценок получены удовлетворительные критерии Пирсона и Колмогорова-Смирнова, выраженные в УРСР, можно переходить к реализации четвёртого этапа методики.

На четвёртом этапе предлагаемой методики осуществлялась разработка согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли предприятия ООО «Магма». Для этого после внесения в программу «MPRIORITY» согласованных на третьем этапе реализации методики усреднённых оценок с учётом весовых категорий экспертов произведены вычисления результирующих векторов приоритетов с учётом формулы (3). Результат этой работы для всех иерархий представлен на рисунке 6, 7 и 8 в форме диаграмм из программы «MPRIORITY».

Для удобства восприятия полученных управленческих решений реализуем процедуру ранжирования. Представим полученные таким образом решения в форме таблицы 7. Следует заметить, что все полученные решения являются согласованными при помощи показателя ОС в МАИ, критерия Пирсона, критерия Колмогорова-Смирнова и учёта весовых категорий экспертов в расчёте результирующих векторов приоритетов на базе МАИ, реализованного средствами диалоговой системы «MPRIORITY» и программы MS-Excel в методике.

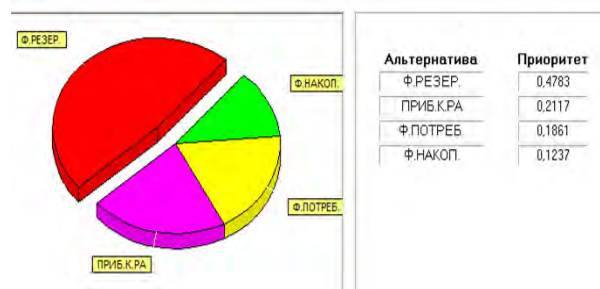


Рисунок 6. Управленческие решения распределения чистой прибыли по иерархии № 1 для предприятия ООО «Магма»

Figure 6. Management decisions for the net profit distribution in the hierarchy № 1 company «Magma»



Рисунок 7. Управленческие решения распределения чистой прибыли в фонде потребления иерархии № 2 для предприятия ООО «Магма»

Figure 7. Management decisions for the net profit distribution in the consumption-Fund of the hierarchy № 2 for the company «Magma»



Рисунок 8. Управленческие решения распределения чистой прибыли в фонде накопления иерархии № 3 для предприятия ООО «Магма»

Figure 8. Management decisions for the net profit distribution in the accumulation Fund of the hierarchy № 3 for enterprise of open company «Magma»

Завершающий пятый этап апробации методики направлен на реализацию разработанных согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли на предприятии ООО «Магма» в рамках полномочий менеджмента среднего и высшего звена, финансовым отделом и бухгалтерией и другими ответственными службами.

Таблица 7.

Результат реализации методики разработки согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли на предприятии ООО «Магма»

Table 7.

The result of the implementation of the methodology for the development of coordinated management decisions of the distribution of net profit in the company «Magma»

Направления для распределения чистой прибыли предприятия Directions for net profit distribution of the enterprise	Результирующие вектора приоритетов из рисунка 6, 7 и 8 Priority vector resultants from Fig. 6,7 and 8	Распределение чистой прибыли предприятия по долям для направлений, тыс.руб. Net profit distribution of the enterprise in shares for the directions, thous. rub.
Результат работы экспертов по иерархии № 1 распределения чистой прибыли на предприятии ООО «Магма» Result of expert work in hierarchy №1 of net profit distribution in «Magma» company		
Фонд резервный Reserve fund	0,4783	7059,7
Прибыль к распределению между учредителями Profit to be distributed between the founders	0,2117	3124,7
-Э/С* №1 доля в у.к. ** 38% e/o share in r.c.		1187,4
-Э/С №2 доля в у.к. 26% e/o share in r.c.		812,4
-Э/С №3 доля в у.к. 18% e/o share in r.c.		562,4
-Э/С №4 доля в у.к. 12% e/o share in r.c.		375
-Э/С №2 доля в у.к. 6% e/o share in r.c.		187,5
Фонд потребления Consumption fund	0,1861	2746,8
Фонд накопления Accumulation fund	0,1237	1825,8
Итого Total:	1	≈14760
Результат работы экспертов по иерархии № 2 распределения чистой прибыли в фонде потребления на предприятии ООО «Магма». Result of expert work in hierarchy №2 of net profit distribution in consumption fund in «Magma» company		
Развитие персонала Human resources development	0,4036	1108,6
Увеличение размера оборотных средств Increase of working capital	0,2776	762,5
Развитие НИОКР R&D development	0,1936	531,8
Развитие производства Production development	0,125	343,4
Итого Total:	1	≈2746,8
Результат работы экспертов по иерархии № 3 распределения чистой прибыли в фонде накопления на предприятии ООО «Магма» Result of expert work in hierarchy №3 of net profit distribution in consumption fund in «Magma» company		
Погашение задолженности Redemption of debts	0,4786	873,8
Другие инвестиционные проекты Other investment projects	0,2372	433,1
Природоохранные мероприятия Environmental issues	0,1593	290,8
Оборудование и технологии Equipment and technologies	0,1247	227,7
Итого Total:	1	≈1825,8

* Э/С – эксперт / собственник предприятия ООО «Магма». e/c - Expert/owner of «Magma» company

** у.к. – уставный капитал предприятия ООО «Магма». r.c. - Registered capital of «Magma» company

Заключение

В статье выполнен анализ научных взглядов, механизмов, методик и других положений в области разработки согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли на предприятии. Это дало возможность придать актуальность и сформулировать проблему для заявленной темы исследования. Для решения указанной проблемы раскрыты теоретические и практические положения методики разработки согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли на предприятии. В качестве базы для методики взят метод анализа иерархий Т. Саати с учётом его дополнения статистическими критериями Пирсона и Колмогорова-Смирнова.

Дана подробная инструкция реализации методики с формулами, разными пояснениями

и уточнениями, примерами. Суть методики заключается в разработке управленческих решений распределения чистой прибыли предприятия и трёх уровневой оценке их согласованности. Для реализации методики может привлекаться любое количество экспертов/собственников и их доверенных лиц без ограничений. Методика отличается высокой степенью универсальности и гибкости. Апробация методики произведена на примере промышленного предприятия ООО «Магма». По мнению экспертов / собственников данного предприятия, полученные результаты апробации засвидетельствовали тот факт, что методика работает и является эффективной для решения проблемы разработки управленческих решений распределения чистой прибыли на предприятии.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Алабугин А.А., Шагеев Д.А. Управление развитием промышленного предприятия по показателям дисбаланса межгрупповых и организационных интересов: теория и практика. Челябинск: НОУВПО РБИУ, 2014. 236 с.
- 2 Багирова Я.Т. Управление распределением чистой прибыли предприятия // Экономика и управление в XXI веке: тенденции развития. 2014. № 16. С. 192–196.
- 3 Валишевская Л.Г., Мусатова А.И. Концепция управления распределением чистой прибыли на предприятии // Научное обозрение. 2017. № 3. С. 98–102.
- 4 Варпаева И.А. Бухгалтерский учет в подготовке управленческих решений по использованию прибыли // Все для бухгалтера. 2012. № 3. С. 23–27.
- 5 Ермолаев, О.Ю. Математическая статистика для психологов: учебник. М.: Флинта: НОУ ВПО «МПСи», 2011. 335 с.
- 6 Забирова Ю.Р., Лысенко Д.В. Проблемы формирования и распределения чистой прибыли в организации // Международный академический вестник. 2018. № 1–2 (21) С. 54–57.
- 7 Ковалёв В.В. Ковалёв В.В. Корпоративные финансы и учет: понятия, алгоритмы, показатели: учеб. пособие. М.: Проспект, 2015. 1000 с.
- 8 Кофорова Н.М. К вопросу об обосновании решений по распределению и использованию чистой прибыли предприятия // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2012. № 5 (1). С. 242–244.
- 9 Маслова Ю.Н. Эффективное распределение чистой прибыли предприятия / Новый университет. Серия: экономика и право. 2016. № 2 (60). С. 63–66.
- 10 Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. Современный экономический словарь. М.: Инфра-М, 2012. 512 с.
- 11 Саати, Т. Аналитическое планирование. Организация систем. М.: Радио и связь, 1991. 224 с.
- 12 Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
- 13 Саати, Т. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. М.: ЛКИ, 2008. 360 с.
- 14 Смирнов Н.В. Вероятности больших значений непараметрических односторонних критериев согласия // Труды Матем. ин-та АН СССР. 1961. Т.64. С. 185–210.
- 15 Abakarov A., Sushkov Yu., Mascheroni R.H. Multi-criteria optimization and decision-making approach for improving of food engineering processes // International Journal of Food Studies. 2012.
- 16 Bagdonavicius V., Nikulin M.S. Chi-square goodness-of-fit test for right censored data // The International Journal of Applied Mathematics and Statistics. 2011. С. 30–50.
- 17 Corder G.W., Foreman D.I. Nonparametric Statistics for Non-Statisticians: A Step-by-Step Approach. New York: Wiley, 2009.
- 18 Chernoff H., Lehmann E.L. The use of maximum likelihood estimates in χ^2 test for goodness of fit. // The Annals of Mathematical Statistics. 1954. V. 25. P. 579–586.
- 19 Greenwood P.E., Nikulin M.S. A guide to chi-squared testing. New York: John Wiley & Sons, 1996. 280 p.
- 20 Harker P.T. Derivatives of the Perron root of a positive reciprocal matrix: With applications to the analytic hierarchy process // Applied Mathematics and Computation. 1987. V. 22. P. 217–232.

21 Horn R.A., Johnson C.R. Matrix Analysis. New York: Cambridge University Press, 1985.

22 Kolmogoroff A.N. Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione // Giornale dell'Istituto Italiano degli Attuari. 1933. V. 4. № 1. P. 83–91.

23 Lancaster P., Tismenetsky M. The Theory of Matrices. New York: Academic Press, 1985.

24 Lilliefors H.W. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown // J. Am. Statist. Assoc. 1967. V.62. P. 399–402.

25 Pearson K. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling // Philosophical Magazine Series. 1900. V. 50. P. 157 – 175.

26 Saaty T.L. Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary // European Journal of Operational Research. 2003. Vol. 145. № 1.

27 Saaty T.L., Hu G. Ranking by the eigenvector versus other methods in the analytic hierarchy process // Applied Mathematical Letters. 1998. № 11(4). P. 121–125.

28 Saaty T.L., Vargas L. Inconsistency and rank preservation // Journal of Mathematical Psychology. 1984. № 28(2). P. 205–214.

29 Vargas L.G. Analysis of sensitivity of reciprocal matrices // Applied Mathematics and Computation. 1983. №12. P. 301–320.

REFERENCES

- 1 Alabugin A.A., Shageev D.A. Upravlenie razvitiem promyshlennogo predpriyatiya po pokazatelyam disbalansa mezhgruppovyh i organizacionnyh interesov: teoriya i praktika [Management of industrial enterprise development on misbalance of inter-group and organization interests indices]. Chelyabinsk, RBIM, 2014. 236 p. (in Russian).
- 2 Bagirova Ya.T. Management of enterprise net profit distribution. *Ekonomika i upravlenie v 21 veke: tendentsii razvitiya* [Economy and management in the 21st century: development tendencies]. 2014. no. 16. pp. 192–196. (in Russian).
- 3 Valishevskaja L.G., Musatova A.I. Conception of enterprise net profit distribution. *Nauchnoie obozrenie* [Scientific review]. 2017. no. 3. pp. 98–102. (in Russian).
- 4 Varpaeva I.A. Accounting in the preparation of management decisions on utilization of profits. *Vse dlia bukhgaltera* [Everything for the accountant]. 2012. no. 3. pp. 23–27. (in Russian).
- 5 Ermolaev O.Yu. Matematicheskaya statistika dlya psihologov [Mathematical statistics for psychologists]. M., Flinta: NOU VPO "MPSP", 2011. 335 p. (in Russian).
- 6 Zabirova Yu.R., Lysenko D.V. Problems of forming and distributing the organization net profit. *Mezhdunarodnyi akademicheskii vestnik* [International academic bulletin]. 2018. no. 1–2 (21), pp. 54–57. (in Russian).
- 7 Kovaliov V.V., Kovaliov Vit.V. Korporativnye finansy i uchet: ponyatiya, algoritmy, pokazateli [Corporate finances and recording: concepts, algorithms, indices]. M., Prospekt, 2015. 1000 p. (in Russian).
- 8 Koforova N.M. On the issue of decisions validity of distribution and utilization of enterprise net profit. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo* [Bulletin of N.I. Lobachevski Nizhny Novgorod University]. 2012. № 5 (1). pp. 242–244. (in Russian).
- 9 Maslova Yu.N. Effective distribution of enterprise net profit. *Novyi universitet. Seria: ekonomika i pravo* [New University. Series: Economics and Law]. 2016. №2 (60). pp. 63–66. (in Russian).

10 Raizberg B.A., Lozovskii L.Sh., Starodubtseva E.B. *Sovremenniy ekonomicheskiy slovar'* [Modern Economics dictionary]. M., Infra-M, 2012. 512 p. (in Russian).

11 Saaty T., Vachnadze R.G., *Analiticheskoe planirovanie. Organizatsiya sistem* [Analytical planning. Organization of systems]. M., Radio i svyaz, 1991. 224 p. (in Russian).

12 Saaty T. *Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarhij* [Decision making. Hierarchy analysis method]. M., Radio i svyaz, 1993. 278 p. (in Russian).

13 Saaty T. *Prinyatie reshenij pri zavisimostyah i obratnykh svyazyah: Analiticheskie seti* [Decision making with dependence and feedback]. M., LKI, 2008. 360 p. (in Russian).

14 Smirnov N.V. Probabilities of large values of nonparametric one-sided criteria of accord. *Trudy Matem. in-ta AN SSSR* [Proceedings of the Institute of Mathematics, USSR Academy of Sciences]. 1961. vol. 64. pp. 185-210. (in Russian).

15 Abakarov A., Sushkov Yu., Mascheroni R.H. Multi-criteria optimization and decision-making approach for improving of food engineering processes. *International Journal of Food Studies*. 2012.

16 Bagdonavicius V., Nikulin M.S. Chi-square goodness-of-fit test for right censored data. *The International Journal of Applied Mathematics and Statistics*. 2011. pp. 30-50.

17 Corder G.W., Foreman D.I. *Nonparametric Statistics for Non-Statisticians: A Step-by-Step Approach*. New York, Wiley, 2009.

18 Chernoff H., Lehmann E. L. The use of maximum likelihood estimates in χ^2 test for goodness of fit. *The Annals of Mathematical Statistics*. 1954. vol. 25. pp. 579-586.

19 Greenwood P. E., Nikulin M. S. *A guide to chi-squared testing*. New York, John Wiley & Sons, 1996. 280 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Денис А. Шагеев к.э.н., доцент, кафедра экономики и управления, Международный институт дизайна и сервиса, ул. Ворошилова, 12, г. Челябинск, 454014, Россия, denisshageev@yandex.ru

Ирина М. Перегримова студент, Международный институт дизайна и сервиса, ул. Ворошилова, 12, г. Челябинск, 454014, Россия, irinaperegrimova@gmail.com

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Денис А. Шагеев предложил методику разработки согласованных управленческих решений распределения чистой прибыли на предприятии, написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Ирина М. Перегримова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, выполнила расчёты

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 02.08.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 02.04.2018

20 Harker P.T., *Derivatives of the Perron root of a positive reciprocal matrix: With applications to the analytic hierarchy process*. *Applied Mathematics and Computation*. 1987. vol. 22. pp. 217-232.

21 Horn R.A., Johnson C.R., *Matrix Analysis*. New York, Cambridge University Press, 1985.

22 Kolmogoroff A.N. Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione. *Giornale dell' Istituto Italiano degli Attuari*. 1933. vol. 4. no. 1. pp. 83-91.

23 Lancaster P., Tismenetsky M. *The Theory of Matrices*. New York, Academic Press, 1985.

24 Lilliefors H.W. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. *J. Am. Statist. Assoc.* 1967. vol. 62. pp. 399-402.

25 Pearson K. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. *Philosophical Magazine Series* 1900. vol. 50. pp. 157-175.

26 Saaty T.L. Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. *European Journal of Operational Research*. 2003. vol. 145. no. 1.

27 Saaty T.L., Hu G. Ranking by the eigenvector versus other methods in the analytic hierarchy process. *Applied Mathematical Letters*. 1998. no. 11(4). pp. 121-125.

28 Saaty T.L., Vargas L. Inconsistency and rank preservation. *Journal of Mathematical Psychology*. 1984. no. 28(2). pp. 205-214.

29 Vargas L.G. Analysis of sensitivity of reciprocal matrices. *Applied Mathematics and Computation*. 1983. no. 12. pp.301-320..

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Denis A. Shageev Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economics and management department, International institute of design and service, Voroshilova str., 12, Chelyabinsk, 454014, Russia, denisshageev@yandex.ru

Irina M. Peregrimova student, International institute of design and service, Voroshilova str., 12, Chelyabinsk, 454014, Russia, irinaperegrimova@gmail.com

CONTRIBUTION

Denis A. Shageev proposed the methodology of coordinated management decisions of enterprise net profit distribution, wrote the paper, corrected it before submitting to the journal and is responsible for plagiarism

Irina M. Peregrimova review of the literature on an investigated problem, performed computations

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 8.2.2018

ACCEPTED 4.2.2018

SWOT-анализ как инструмент оценки социально-экономического развития муниципальных образований

Алексей А. Орехов¹ alex.orekhov@yandex.ru
Дмитрий С. Клейменов¹ dmi248@yandex.ru
Елена Д. Кузнецова¹ broga@yandex.ru

¹ Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, Воронеж, 394087, Россия

Реферат. Раскрыт механизм осуществления SWOT-анализа социально-экономического развития муниципалитета. SWOT-анализ рассмотрен как метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении результатов взаимодействия факторов внутренней и внешней среды социально-экономического развития муниципального образования и разделении их на четыре категории: сильные стороны, слабые стороны, возможности и угрозы. Обозначена роль анкетирования и оценки мнения различных респондентов (населения, предпринимателей, органов власти, общественных организаций) для подтверждения подлинности статистических данных в рамках выделения сильных и слабых сторон, а также возможностей и угроз на мезоуровне. Показан пример формирования ключевых проблем и конкурентных преимуществ муниципалитета, являющихся основой для разработки генеральной цели и стратегических приоритетов долгосрочного развития муниципального образования на основе использования методики SWOT-анализа социально-экономического развития муниципального образования. В частности, в качестве генеральной цели развития исследуемого муниципалитета до 2035 года предложена реализация потенциала района путем развития отрасли сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности, роста местного бюджета и улучшения жизни граждан. Обоснована возможность и целесообразность применения результатов SWOT-анализа при разработке стратегии и формировании трех сценариев социально-экономического развития исследуемого муниципального района: целевого (оптимистического), базового (умеренного) и инерционного (пессимистического), характеризующих траекторию, перспективы и качество развития. Практическая значимость представленного инструмента проявляется в перспективности применения его результатов для разработки долгосрочных стратегий социально-экономического развития районов, регионов и государства. Опыт исследования может стать примером для оценки социально-экономического развития других муниципальных образований РФ.

Ключевые слова: SWOT-анализ, социальное развитие, экономическое развитие, муниципальные образования

SWOT-analysis as a tool for assessing the socio-economic development of municipalities

Aleksei A. Orekhov¹ alex.orekhov@yandex.ru
Dmitry S. Kleimenov¹ dmi248@yandex.ru
Elena D. Kuznetsova¹ broga@yandex.ru

¹ Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter The Great, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia

Summary. The mechanism of SWOT analysis of the socio-economic development of the municipality is disclosed. SWOT analysis is considered as a method of strategic planning, which consists in identifying the results of the interaction of factors internal and external environment of the socio-economic development of the municipality and their division into four categories: strengths, weaknesses, opportunities and threats. The role of questioning and assessing the opinions of various respondents (population, entrepreneurs, authorities, public organizations) to confirm the authenticity of statistical data within the framework of identifying strengths and weaknesses, as well as opportunities and threats at the meso level. The example of the formation of key problems and competitive advantages of the municipality, which are the basis for the development of the general goal and strategic priorities of the long-term development of the municipality based on the SWOT analysis of the socio-economic development of the municipality, is shown. In particular, the realization of the potential of the district through the development of the agricultural sector and the processing industry, the growth of the local budget and the improvement of the life of citizens was proposed as the general goal of the development of the studied municipality until 2035. The possibility and expediency of applying the results of the SWOT analysis in the development of strategies and the formation of three scenarios of socio-economic development of the studied municipal area: target (optimistic), basic (moderate) and inertial (pessimistic) characterizing the trajectory, prospects and quality of development are substantiated. The practical significance of the presented tool is manifested in the promising application of its results for the development of long-term strategies for the socio-economic development of regions, regions and the state. The research experience can become an example for assessing the socio-economic development of other municipalities of the Russian Federation.

Keywords: SWOT analysis, social development, economic development, municipalities

Для цитирования

Орехов А.А., Клейменов Д.С., Кузнецова Е.Д. SWOT-анализ как инструмент оценки социально-экономического развития муниципальных образований // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 416–422. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-416-422

For citation

Orekhov A.A., Kleimenov D.S., Kuznetsova E.D. SWOT-analysis as a tool for assessing the socio-economic development of municipalities. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 416–422 (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-416-422

Введение

Актуальность исследования социально-экономического пространства локальной территории – муниципалитета обусловлена тем, что сегодня муниципальное образование во многом самостоятельно несет ответственность за свое комплексное социально-экономическое состояние, имидж территории и перспективы её развития. Поэтому законодательно проведение анализа социально-экономического развития выбранного муниципалитета регламентируется ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации» [1] и законом Воронежской области «О стратегическом планировании в Воронежской области» [2].

Достоинства SWOT-анализа выделяют в своих трудах многие ученые: E.G. Animitsa [3], V.V. Latysheva и др. [4], Н.М. Тюкавкин [5], G.M. Kvon [6], I.V. Lushchik и др. [7], что позволяет нам рекомендовать его качестве базового метода исследования.

SWOT-анализ – метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении результатов взаимодействия факторов внутренней и внешней среды социально-экономического развития муниципального образования и разделении их на четыре категории: сильные стороны, слабые стороны, возможности и угрозы.

Как считают многие современные исследователи, такие, как S. Arsovski [8], О.И. Ванюшина, В.Н. Минат [9], О. Moschidis, V. Ismyrlis [10] et.al., стратегическому планированию, в частности, методикам его реализации, необходимо уделять особое внимание, так как за ним стоит успех не только отдельных территорий, но и государства в целом.

Предметом нашего исследования является качество социально-экономического развития муниципалитета. Объектом исследования – Репьевский район – административная единица в составе Воронежской области. Муниципалитет образован 30 июля 1928 года. В состав Репьевского муниципального района входит 11 сельских поселений, на территории которых расположено 42 населенных пункта. Среднегодовая численность постоянного населения района имеет неярко выраженную тенденцию роста: в 2016 году она составила 15763 человека, в 2015 году – 15719 человек, что на 23 человека или на 0,2% ниже уровня 2014 года и на 148 человек или на 1% ниже уровня 2012 года. По данным Росстата, на 1 января 2017 года в районе проживает 15810 человек. Среднегодовая численность постоянного населения района. Плотность населения района – 16,93 чел./кв. км.

В экономике района занято 6,4 тыс. человек, большая часть которых (более 60%) в сельском хозяйстве (включая личное подсобное хозяйство).

Материалы и методы

В рамках формирования базы данных для проведения SWOT-анализа нами проведено экспертное исследование мнения представителей населения, предпринимателей, органов власти, общественных организаций по вопросам социально-экономического развития муниципального образования. Всего обработано 202 анкеты: в том числе представителей населения – 121, предпринимателей – 31, органов власти – 42, общественных организаций – 8. Применяя метод SWOT-анализа, выделены сильные и слабые стороны, а также возможности и угрозы развития муниципалитета, что позволило сформировать его ключевые проблемы и конкурентные преимущества, являющиеся основой для разработки генеральной цели и стратегических приоритетов долгосрочного развития муниципального образования.

Результаты и обсуждение

Население. Опрос населения показывает, что в большинстве ответов проживание в районе оценено как комфортное. Условия жизни по сравнению с другими районами Воронежской области и другими территориально близкими районами были признаны средними. Среди основных преимуществ развития выделены красивая природа, благоустроенные улицы, отсутствие межнациональных конфликтов. Среди наиболее значимых сфер для развития района в ближайшие 15 лет отмечены производство зерновых культур, образование, мясное животноводство, молочное животноводство, здравоохранение.

Качество предоставляемых социально и жилищно-коммунальных услуг в основном хорошее. Среди проблемных сфер можно выделить здравоохранение, водоснабжение и дороги.

Выделены проблемы, которые требуют немедленного решения в районе: отсутствие рабочих мест, низкий уровень жизни населения, плохие дороги. Респонденты в большинстве своем не уверены, смогут ли найти подходящую работу, если будут вынуждены ее поменять. Трудности при поиске работы связаны с малым количеством рабочих мест.

Общественные организации. Проживание в районе общественные организации считают комфортным. Достигнутый уровень развития в различных сферах жизни района признается удовлетворительным.

При осуществлении своей деятельности общественные организации чаще всего сталкиваются с такими проблемами, как отсутствие материальной базы, недостаточный объем финансирования, отсутствие интереса к общественным организациям со стороны бизнеса. Не охвачены вниманием общественных организаций в муниципальном районе такие сферы, как семейные отношения и проблемы женщин.

Возможность улучшения социально-экономической ситуации общественные организации в основном связывают с увеличением поступлений финансовых средств из бюджета области.

Среди факторов, препятствующих развитию, выделены отток молодежи из района и технологическая отсталость действующих предприятий. Среди проблем немедленного решения общественные организации выделяют отсутствие рабочих мест, низкий уровень жизни населения.

Предприниматели. Уровень социально-экономического развития муниципального района предприниматели признают средним. Основные собственные возможности района предприниматели видят в сельскохозяйственном потенциале. Развитию района препятствуют такие факторы, как отток молодежи из района, ограниченность природных ресурсов.

В большинстве своем предприниматели удовлетворены работой органов государственной исполнительной власти в сфере поддержки развития бизнеса. Уровень инвестиционной привлекательности муниципального образования предприниматели оценивают как средний. Среди наиболее острых проблем выделены отсутствие рабочих мест, низкий уровень доходов населения, низкое качество дорог, малое количество предприятий для переработки сельхозпродукции.

Предприниматели в своей деятельности пользуются содействием органов власти в своевременном получении необходимых согласований и разрешений в органах государственной власти и органах местного самоуправления, субсидиями в целях возмещения части затрат на уплату процентов по кредитам, полученным на реализацию инвестиционных проектов. В качестве перспектив респондентами группы рассматривается предоставление льгот по региональным налогам инвесторам, осуществляющим реализацию инвестиционных проектов, как фактора активизации участия бизнеса в развитии социальной инфраструктуры муниципального района.

Большинство опрошенных предпринимателей работают в сфере торговли. Для района, по мнению предпринимателей, представляют

интерес инвестиции в переработку сельскохозяйственной продукции, сферу бытовых услуг, развитие промышленности, строительство и ремонт дорог. Уровень конкуренции оценивается как средний. В ближайшее время планируют незначительное увеличение объемов производства или сохранить объемы производства.

Органы власти. Представители органов власти считают проживание в районе комфортным.

Все сферы жизни района представители органов власти оценивают удовлетворительно. Наименьший уровень удовлетворенности отмечен по материальному качеству жизни, дорожному хозяйству.

Развитию района, по мнению представителей органов власти, мешает отток молодежи. Среди наиболее острых проблем выделены отсутствие рабочих мест, низкое качество дорог, низкий уровень доходов населения. При этом все они, включая низкий уровень доходов, требуют немедленного разрешения.

Среди наиболее значимых сфер, развитие которых необходимо для процветания района в ближайшие 15 лет, представители органов власти выделяют: производство зерновых и технических культур, мясное и молочное животноводство, образование, здравоохранение.

Представители органов власти видят недостаток таких ресурсов для развития района, как собственные финансовые доходы, частные инвестиции, инновационная активность бизнеса и местных жителей. Возможности улучшения социально-экономической ситуации в муниципальном районе представители органов власти видят в увеличении поступления финансовых средств из бюджета области, активизации деятельности органов власти по привлечению инвесторов.

Вместе с тем отметим, что ресурсный потенциал района представлен плодородными землями, развитым сельскохозяйственным производством, высоким уровнем газификации района, обеспеченностью объектами социальной инфраструктуры, наличием местной сырьевой базы для развития перерабатывающей промышленности и наличием земельных участков для размещения нового производства и строительства жилья.

На основе результатов экспертного анализа мнения населения, предпринимателей, органов власти, общественных организаций по вопросам социально-экономического развития муниципалитета нами проведен SWOT-анализ социально-экономического развития муниципалитета путем выделения сильных и слабых сторон района, его возможностей и потенциальных угроз.

В результате к *сильным сторонам (S)* муниципалитета нами отнесены:

- динамично развивающаяся отрасль сельского хозяйства, наличие предприятий, ресурсов и условий, необходимых для ее развития;
- наличие ресурсов и условий, необходимых для привлечения внешних инвесторов, готовые площадки для инвестиционных проектов;
- высокий уровень обеспеченности жильем;
- благоприятные условия для комфортного проживания;
- низкий уровень безработицы;
- наличие энергетических мощностей для нового производства.

Слабые стороны (W) муниципалитета включают:

- низкий уровень диверсификации экономики, недостаточно развиты промышленность и малый бизнес;
- недостаточное обеспечение здравоохранения медицинским персоналом;
- неразвитая туристическая инфраструктура;
- высокая степень износа коммуникаций ЖКХ в поселениях района;
- низкий уровень развития транспортной инфраструктуры, автодорог с твердым покрытием;
- низкая обеспеченность бюджета налоговыми и неналоговыми доходами.

Возможности (O) муниципалитета:

- появление инноваций в сфере использования земельных ресурсов;
- развитие перерабатывающей промышленности;
- возрождение отечественного животноводства;
- появление добывающих и строительных предприятий;
- развитие внутриобластной, межрегиональной кооперации и интеграции;
- повышение спроса на экологически чистую среду проживания;
- привлечение дополнительных бюджетных инвестиций, участие района в реализации государственных программ;
- рост спроса на туристические, рекреационные проекты.

В качестве подтверждения выделенных возможностей представим специальные графики (рисунок 1–3).

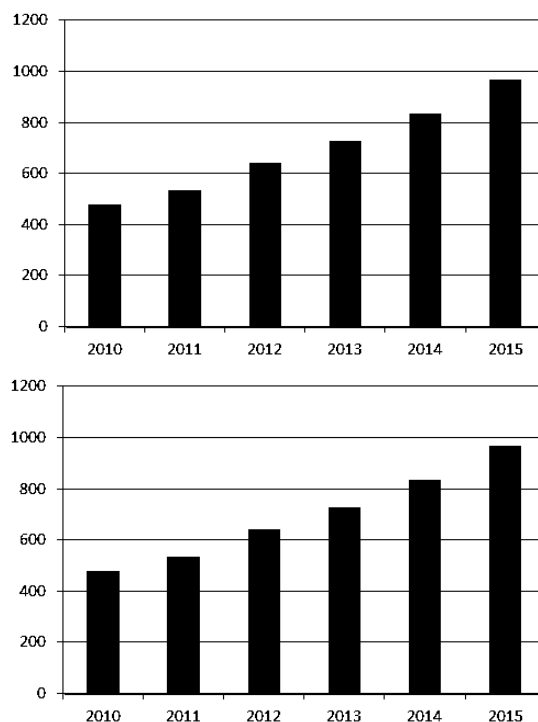


Рисунок 1. Продукция животноводства в фактически действующих ценах, млн р.

Figure 1. Livestock products in actual current prices, million rubles

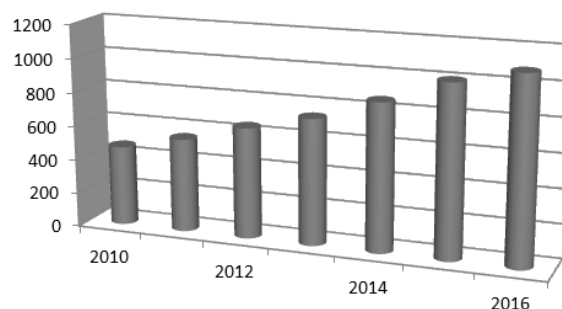


Рисунок 2. Уровень потребления населением товаров и услуг, млн р.

Figure 2. The level of consumption of goods and services, million rubles

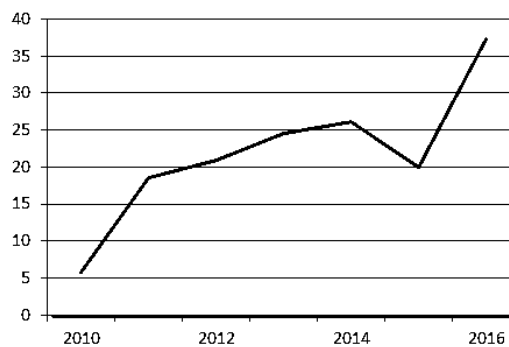


Рисунок 3. Объем инвестиций в основной капитал за счет всех источников финансирования, на душу населения, тыс. р.

Figure 3. The volume of investments in fixed capital from all sources of financing, per capita, thousand rubles

Угрозы (Т) муниципалитета:

- нестабильность цен на сельскохозяйственную продукцию в условиях рынка;
- тенденция старения населения, ухудшение демографической обстановки;
- высокая конкуренция между районами за инвестора;
- ухудшение состояния инженерной инфраструктуры в поселениях;
- снижение экономической активности юридических и физических лиц.

В результате проведенного SWOT-анализа социально-экономического положения района сформирован перечень наиболее значимых проблем развития Репьевского муниципального района.

Ключевые проблемы муниципалитета:

- отсутствие предприятий переработки сельскохозяйственной продукции в районе;
- отсутствие инвестиционных возможностей у предприятий района (недостаток собственных средств предприятий для реализации инвестиционных проектов; отсутствие у предприятий-заемщиков реального залогового обеспечения кредитов);
- проблемы демографического характера;
- недостаточная обеспеченность медицинскими кадрами;
- высокий уровень износа автомобильных дорог (27-е место в области по густоте автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием (2015 год);
- значительный износ коммуникаций жилищно-коммунального хозяйства в поселениях, слабое внедрение новых технологий в области ЖКХ.

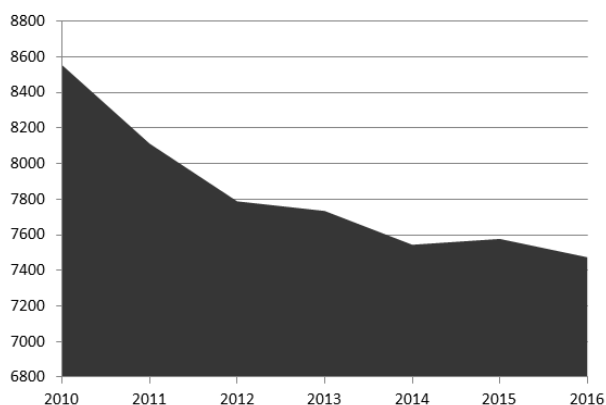


Рисунок 4. Численность трудовых ресурсов, чел.

Figure 4. Number of labor resources, people.

На рисунке 4 отражено резкое сокращение трудовых ресурсов в 2016 году к уровню 2010 года.

Конкурентные преимущества муниципалитета:

- высокий потенциал развития сельскохозяйственного производства и переработки продукции АПК;
- развитая социальная инфраструктура (образование, культура, спорт);
- наличие свободных площадок для реализации инвестиционных проектов;
- наличие рекреационных ресурсов для развития туризма (эко-, событийный);
- поддержка общественного самоуправления.

Следует отметить растущие расходы бюджета муниципалитета на культуру (рисунок 5).

Учитывая ключевые проблемы муниципалитета и его конкурентные преимущества, нами сформулирована *генеральная цель* развития до 2035 года – реализация потенциала развития района путем роста отрасли сельского хозяйства, развития перерабатывающей промышленности, роста возможностей местного бюджета, улучшения жизни граждан.

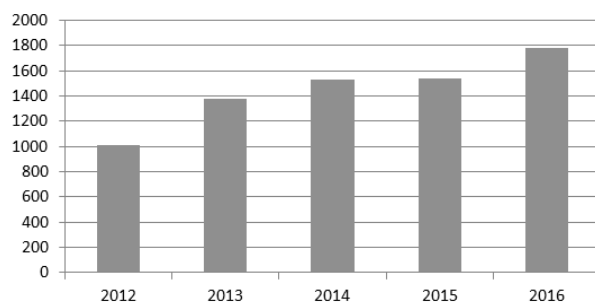


Рисунок 5. Расходы консолидированного бюджета муниципального района на культуру в расчете на одного жителя, рублей

Figure 5. Expenses of the consolidated budget of the municipal district on culture per one inhabitant, rubles

Стратегическими приоритетами предложено считать:

- развитие отраслей сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности района; переход аграрной экономики района на новый уровень путем развития переработки сельскохозяйственной продукции;
- развитие малого бизнеса, рост поступлений от субъектов МСП в бюджет района;
- системное улучшение качества жизни, работы и отдыха: комплексная модернизация сферы ЖКХ района, дорожной сети; расширение возможностей образования (современная образовательная среда), здравоохранения, культуры, спорта, досуга в каждом сельском поселении района; развитие туристических, рекреационных возможностей района; развитие социальной активности населения через инструменты общественного самоуправления.

Следует отметить, предложенные стратегические приоритеты являются основой разработки стратегии с учетом вероятностных сценариев. В частности, в рамках разработки стратегии социально-экономического развития исследуемого муниципального района возможно формирование трех сценариев: целевого (оптимистического), базового (умеренного) и инерционного (пессимистического), характеризующих траекторию, перспективы и качество развития.

Обсуждение результатов

Статья подготовлена по результатам завершеного научного исследования по созданию научно-технической продукции на тему «Стратегический анализ потенциала и перспектив развития социально-экономической системы Репьевского муниципального района Воронежской области на период до 2035 года», прошедшего публичные слушания в Репьевском муниципальном районе и Департаменте экономического развития Воронежской области. Авторы

выражают благодарность администрации Репьевского муниципального района за оказанное доверие в выполнении настоящего исследования.

Заключение

Использование SWOT-анализа в исследовании социально-экономического развития муниципального образования позволяет определить возможности и угрозы, а также сильные и слабые стороны развития района, что, в свою очередь, обеспечивает дифференциацию ключевых проблем и координацию конкурентных преимуществ муниципалитета. Эти результаты актуальны и востребованы для разработки долгосрочных стратегий социально-экономического развития муниципального образования. Следует отметить, что в РФ существует множество муниципалитетов со схожими проблемами и угрозами, нуждающихся в разработке стратегических приоритетов развития. Опыт исследования, изложенный в данной статье, может стать примером и основой формирования стратегических моделей их развития.

ЛИТЕРАТУРА

1 О стратегическом планировании в Российской Федерации (Федеральный закон № 172 – ФЗ от 28 июня 2014 года). URL: <http://www.consultant.ru>

2 О стратегическом планировании в Воронежской области (закон Воронежской области № 114-ОЗ от 19 июня 2015). URL: <http://www.consultant.ru>

3 Animitsa E.G. Theories of regional and local development: Textbook. Yekaterinburg: The Urals publishing house, 2015.

4 Latysheva V.V., Popova O.V., Stolyarova A.N., Pochestnev A.A. et al. Municipal entity swot-analysis conducting technique to assess its investment potential level // *Espacios*. 2018. V. 39. № 1. P. 9.

5 Тюкавкин Н.М. Социально-экономическое развитие Самарской области (SWOT-анализ) // *Математика, экономика и управление*. 2016. Т. 2. № 3. С. 87–93.

6 Kvon G.M. Assessment of the level of investment attractiveness of the municipal entity using the SWOT-analysis method // *Problems of the modern economy*. 2012. № 4. P. 310–313.

7 Kvon G.M., Lushchik I.V., Karpenko M.A., Zaitseva N.A. et al. Regional investment policy: analysis and assessment of the investment environment state // *Eurasian Journal of Analytical Chemistry*. 2017. № 12(5b). P. 835–853.

8 Arsovski S. et al. Ontology of the Development Strategies:(The) Basis for Decision Support in Government Development Funds // *Tehnički vjesnik*. 2018. V. 25. № 3. P. 898-903.

9 Ванюшина О. И., Минат В. Н. Анализ и прогнозирование социально-экономического развития муниципальных образований региона // *Вестник сельского развития и социальной политики*. 2018. № 2 (18).

10 Moschidis O., Ismyrlis V. Citizens' participation in local economic development and administration: an exploratory statistical analysis // *South-Eastern Europe Journal of Economics*. 2018. V. 16. № 1.

REFERENCES

1 O strategicheskome planirovanii v Rossijskoj Federacii [About strategic planning in the Russian Federation (Federal Law No. 172 - FZ of June 28, 2014)] Available at: <http://www.consultant.ru> (in Russian).

2 O strategicheskome planirovanii v Voronezhskoj oblasti [About strategic planning in the Voronezh region (Law of the Voronezh Region No. 114 OZ of June 19, 2015)] Available at: <http://www.consultant.ru> (in Russian).

3 Animitsa, E.G. Theories of regional and local development: Textbook. Yekaterinburg, The Urals publishing house, 2015

4 Latysheva V.V., Popova OV, Stolyarova A.N., Pochestnev A.A. et al. Municipal entity swot-analysis conducting technique to assess its investment potential level. *Espacios*. 2018. vol. 39. no. 1. pp. 9.

5 Tyukavkin N.M. Social and economic development of the Samara region (SWOT analysis). *Matematika, ehkonomika i upravlenie*. [Mathematics, economics and management]. 2016. vol. 2. no. 3. pp. 87-93. (in Russian).

6 Kvon G.M. Assessment of the level of investment attractiveness of the municipal entity using the SWOT-analysis method. *Problems of the modern economy*. 2012. no. 4. pp. 310-313.

7 Kvon G.M., Lushchik I.V., Karpenko M.A., Zaitseva N.A. et al. Regional investment policy: analysis and assessment of the investment environment state. *Eurasian Journal of Analytical Chemistry*. 2017. no. 12 (5b). pp. 835-853.

8 Arsovski S. et al. Ontology of the Development Strategies: (The) Basis for Decision Support in Government Development Funds. *Tehnički vjesnik*. 2018. vol. 25. no. 3. pp. 898-903.

9 Vanyushina O.I., Minat V.N. Analysis and forecasting of social and economic development of municipal formations of the region. *Vestnik sel'skogo razvitiya i social'noj politiki* [Vestnik of rural development and social policy]. 2018. no. 2 (18). (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Алексей А. Орехов к.э.н., доцент, кафедра финансов и кредита, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, Воронеж, 394087, Россия, alex.orekhov@yandex.ru

Дмитрий С. Клейменов к.э.н., доцент, кафедра финансов и кредита, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, Воронеж, 394087, Россия, dmi248@yandex.ru

Елена Д. Кузнецова к.э.н., доцент, кафедра информационного обеспечения и моделирования агроэкономических систем, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, Воронеж, 394087, Россия, broga@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Алексей А. Орехов консультация в ходе исследования

Дмитрий С. Клейменов обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Елена Д. Кузнецова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 05.06.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.07.2018

10 Moschidis O., Ismyrlis V. Citizens' participation in local economic development and administration: an exploratory statistical analysis. *South-Eastern Europe Journal of Economics*. 2018. vol. 16. no. 1.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Aleksei A. Orekhov Cand. Sci. (Econ.), associate professor, finance and credit department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter The Great, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, alex.orekhov@yandex.ru

Dmitry S. Kleimenov Cand. Sci. (Econ.), associate professor, finance and credit department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter The Great, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, dmi248@yandex.ru

Elena D. Kuznetsova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, information support and modeling of agro-economic systems department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter The Great, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, broga@yandex.ru

CONTRIBUTION

Aleksei A. Orekhov consultation during the study

Dmitry S. Kleimenov review of the literature on an investigated problem

Elena D. Kuznetsova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 6.5.2018

ACCEPTED 7.20.2018

Комплексный подход к развитию инновационной деятельности с учетом синергетического эффекта

Оксана О. Лукина¹ oks.lukina@gmail.com
Владимир В. Дудчак¹

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. В статье рассмотрены основные направления развития инновационной деятельности на мега- и микроуровнях. Изучены ключевые задачи научно-технической политики, с целью определения, наиболее эффективной инновационной стратегии, позволяющей внедрять новейшие технологии в производства. Основным средством успешного развития предприятия в неопределенных и быстро меняющихся условиях среды является эффективный комплексный подход, обеспечивающий формирование и реализацию такого варианта инновационной деятельности, который обеспечит наилучшие в сложившейся ситуации конечные результаты. В этих условиях наряду с важной ролью производственного, ресурсного и технологического потенциалов предприятия решающее значение приобретает синергетический эффект. Предлагаемая методика определения синергетического эффекта позволит связать воедино направления развития инновационной деятельности, используя четыре группы показателей (оборудование, технологии, управление, сбыт). Она является универсальной по определению не только отдельных направлений и проектов на уровне предприятия, но может быть использована на уровне региона и страны.

Ключевые слова: качественные изменения в экономике, синергетический эффект, инновационная деятельность

Generalized indicator and classification structures of the capital of the industrial enterprises

Oksana O. Lukina¹ oks.lukina@gmail.com
Vladimir V. Dudchak¹

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. In the article the basic directions of development of innovative activity at mega- and microlevels are considered. The key tasks of scientific and technical policy have been studied with the purpose of determining the most effective innovation strategy that allows introducing the latest technologies into production. The main means for successful development of an enterprise in uncertain and rapidly changing environmental conditions is an effective integrated approach that ensures the formation and implementation of such an innovative activity option that will ensure the best results in the current situation. In these conditions, along with the important role of the production, resource and technological potential of the enterprise, the synergetic effect becomes crucial. The proposed methodology for determining the synergistic effect will link the directions of development of innovation activity using four groups of indicators (equipment, technology, management, sales). It is universal by definition not only of certain directions and projects at the enterprise level, but can be used at the level of the region and the country.

Keywords: qualitative changes in the economy, synergetic effect, innovation activity

Введение

Инновационная деятельность понимается исследователями как «комплекс методов, средств и форм, направленных на поддержание этапов реализации конкретного нововведения. При этом нововведения на уровне предприятий внедряются в целях повышения их эффективности, а на уровне региона и страны – в целях повышения конкурентоспособности как предприятий, товаров и услуг, так и страны, и региона.

Важным направлением развития инновационной деятельности является внедрение инновационных наукоемких промышленных технологий, которые согласно международным стандартам относятся к одному из элементов

произведенных нематериальных активов, входящих в состав основных фондов. Они оцениваются обычно как получение величины текущей рыночной стоимости [1]. Однако эта оценка нуждается в уточнении значения этого понятия с точки зрения рыночного подхода. Экономическая конкурентоспособность характеризуется увеличением доли на рынке, а экономическая эффективность – более низкими затратами на производство и продажу продукции. Эти категории (инновационные технологии, экономическая эффективность и конкурентоспособность) взаимосвязаны, поскольку инновации, создающие конкурентоспособность предприятий и выпускаемой

Для цитирования

Лукина О.О., Дудчак В.В. Комплексный подход к развитию инновационной деятельности с учетом синергетического эффекта // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 423–428. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-423-428

For citation

Lukina O.O., Dudchak V.V. Generalized indicator and classification structures of the capital of the industrial enterprises. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 423–428. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-423-428

ими продукции, повышают эффективность предприятия, а эффективно функционирующие организации имеют большие возможности внедрения инновационных технологий.

Основная часть

В международной практике инновационными технологиями называют наукоемкие производства аэрокосмической, электронной, электротехнической отраслей, а также машиностроение, производство ЭВМ и другие отрасли с высокой долей НИОКР, которая и служит мерилом оценки потенциала инновационных технологий. Предприятия этих отраслей рассматриваются как высокотехнологичные производства, уровень которых определяется соотношением расходов или ростом численности инноваторов (ученых, техников, инженеров) к объему сбыта [8]. Инновационную продукцию (как результат внедрения технологий) определяют по расходам в ее себестоимости на НИОКР, которые выше, чем в среднем расходы на продукцию данной отрасли или сферы хозяйствования. Исследователи выделяют также метод определения инновационных технологий таким образом: доля НИОКР в стоимости производства новых изделий, как правило, она составляет выше 3,5–8,5%.

Направление развития инновационных технологий рассматривают как на мегауровне (уровень различных стран), так и на микроуровне (уровень отраслевых предприятий). При этом учитываются следующие характеристики: количество специалистов и ученых в расчете на 1000 занятых в экономике, доля исследователей определенной страны к их мировой численности или к рабочей силе и т. д. Они показаны на рисунке 1.

В статистике стран Евросоюза показатели «доля инновационных отраслей» и «доля инновационной продукции на мировых рынках» являются типовыми, характеризующими инновационную активность, свойственную предприятиям стран ЕС. На предприятиях США эти показатели дополняются так называемым «индикатором науки и техники», определяющим инновационные технологии по методологии идентификации высокотехнологичных инновационных отраслей промышленности [2].

В глобальном обмене инновационными технологиями и товарами имеет немаловажное значение «коэффициент технологической независимости», характеризующийся отношением технологических балансов платежей к доходам государства (в США, как правило, он равен 4, в Германии, Японии, Англии – от 0,8 до 1,2 [3]).

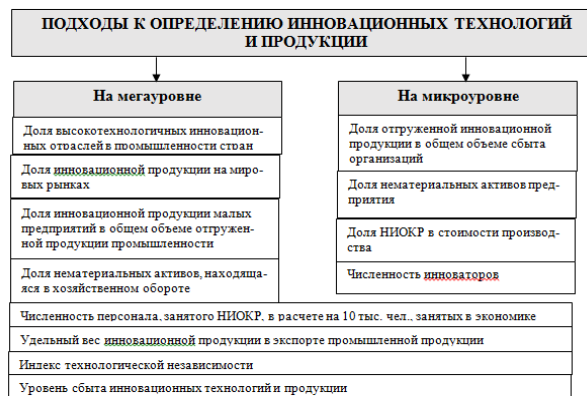


Рисунок 1. Основные характеристики направления развития инновационной технологии на мега- и микроуровнях

Figure 1. Main features of the directions of development of innovative technologies for the mega – and micro-levels

Однако расчеты «коэффициента технологической независимости» не показывают долю инновационной продукции в общем объеме и, кроме того, они не осуществляются в других странах (в том числе и нашей стране) ввиду отсутствия отдельных необходимых для его расчета статистических данных, а также научных исследований этого критерия [10].

Целевыми направлениями в развитии инновационной деятельности в регионах и организациях РФ, кроме «развития инновационных технологий», являются направления и методы их адаптации к рыночным условиям, на которые они сравнительно ориентируются в концепции транспарентности и обмена инновационным потенциалом. Важно отметить, что направлениями развития инновационной деятельности являются:

- развитие наукоемких технологий, повышение уровня и качества образования;
- оптимизация структуры финансирования и управления;
- рост научно-исследовательских разработок на производстве, в учебных заведениях, позволяющих увеличивать количество патентов и изобретений.

Однако в перечисленных направлениях не выделены методы определения именно взаимодействия направлений инновационной деятельности, поэтому считаем необходимым определять не только факторы развития и стимулирования инновационной деятельности, но и учитывать стимулирующие факторы взаимосвязей.

Так, в «Стратегии инновационного развития РФ до 2020 года», принятой в соответствии с ФЗ от 23.08.1996 № 127-ОЗ «О науке и государственной научно-технической политике»,

в распоряжении Правительства Российской Федерации от 08.12.2011 № 2227-р, предполагается развитие и стимулирование инновационной деятельности путем реализации задач, отраженных на рисунке 2.

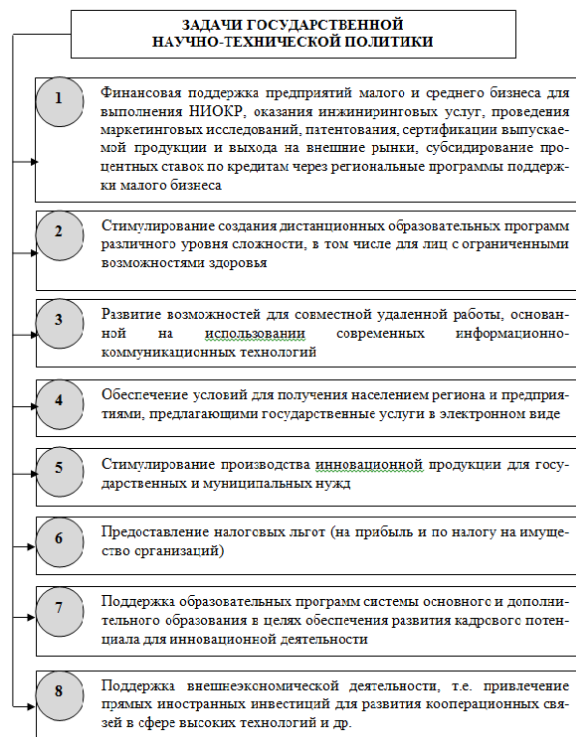


Рисунок 2. Задачи развития научно-технической политики

Figure 2. Problem of the development of science and technology policy

Отдавая преимущество технологическим инновациям, выделим признаки (характеристики) этих инноваций, функционирующих в Воронежской области:

- комплексно-отраслевой признак – ракетно-космический, электронный, авиастроительный и химический комплексы, занимающие большую долю на национальном и мировом рынках, выпускающих продукцию как гражданского, так и военного назначения;
- признак уникальности – уникальность промышленных комплексов (к примеру, Нововоронежская АЭС как крупный межрегиональный центр производства электроэнергии);
- признак структуризации – структурное разнообразие промышленного производства, создающего предпосылки для развития инноваций;
- признак устойчивости связей – устойчивость связей предприятий региона с вузами, лабораториями и НИИ г. Воронежа, способствующих решению задач в области инновационных технологий.

Условием развития инновационных технологий в регионе является функционирование региональных и межрегиональных кластеров или сетевых структур (в данном исследовании не делаем отличия, поскольку в кластерных и сетевых структурах важным фактором их функционирования является инновационная деятельность, являющаяся основой адаптации кластера или сети к рынку), создающих конкурентные инновационные преимущества и ориентирующие предприятия на перспективные точки социально-экономического роста. Известно, что соответствующие сетевые объединения являются сферами рыночной специализации регионов РФ и в них либо уже существуют сети (кластеры), либо они создаются в настоящее время (рисунок 3).

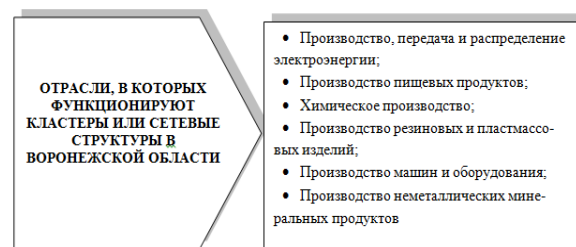


Рисунок 3. Отрасли, в которых функционируют сетевые структуры, способствующие развитию инновационной деятельности

Figure 3. Industry which operate in network structures that contribute to the development of innovative activities

Сравнивая вклад в развитие инновационных технологий, отметим, что как РФ в целом, так и Воронежская область имеют высокий технологический потенциал. Однако в последние годы в РФ и регионе наблюдается снижение сбыта инновационной продукции, что подчеркивает недостаточное развитие и стимулирование инновационной деятельности в управленческих и структурных инновациях, а также указывает на разрыв связей между увеличением уровня образования, с одной стороны, а с другой – незначительным ростом внедрения патентов и изобретений. По мнению Н.И. Комкова, Е.Н. Куличкова, Ю.Г. Шатракова, в РФ в настоящее время уменьшается приобретение машин и оборудования, имеющих отношение к технологическим инновациям на 25,8%, на 15,3% – производственное проектирование, на 13,5% – исследование и разработка новых продуктов, услуг и методов их производства, новых производственных процессов; на 9,9% – обучение и подготовка персонала, связанная с технологическими инновациями; на 6,5% – приобретение технологических инноваций. Эти показатели

свидетельствуют о недостаточном уровне взаимодействия между предприятиями внутри сети (обучение персонала, внедрение нового оборудования и технологий, сбыт инновационной продукции) [9].

Анализ инновационной деятельности региона с 2010 по 2015 гг. предполагал рост инновационных технологий (рисунок 4) и увеличение количества предприятий, осуществляющих технологические инновации (рисунок 5).

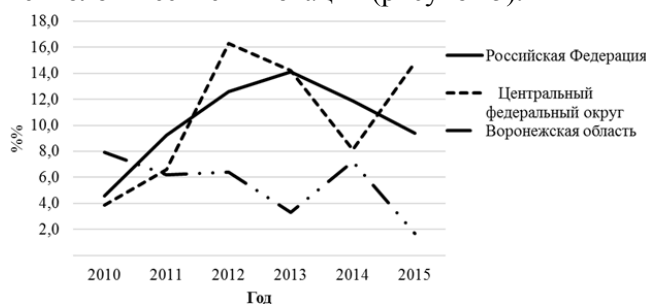


Рисунок 4. Анализ показателей «Доля инновационной продукции в общем объеме выпуска промышленной продукции»

Figure 4. Analysis of indicators the share of innovative products in total volume of industrial production

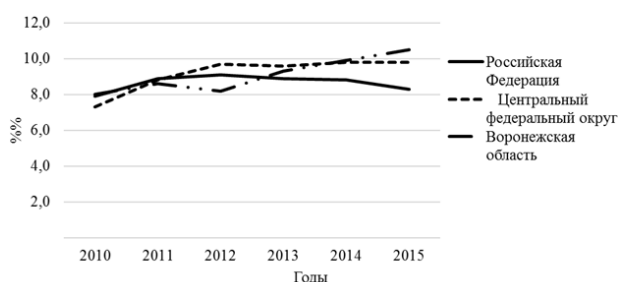


Рисунок 5. Доля промышленных предприятий, осуществляющих технологические инновации

Figure 5. Share of industrial enterprises implementing technological innovation

Рассмотрим, на чем основаны эти показатели. В складывающейся ситуации показатель «Доля инновационной продукции» к 2020 году достигнет указанного на рисунке 5 уровня лишь при комплексном подходе: сохранении условия «реализация имеющегося потенциала Воронежской области», растущем развитии потенциала инновационной деятельности с учетом решения проблем координации производственной, образовательной деятельности и коммерциализации внедрения инноваций.

Если доля промышленных предприятий, осуществляющих технологические инновации, сохранит имеющуюся тенденцию, т. е. объем инновационной продукции не будет расти к 2020 году и индикаторы сбыта к 2020 г. останутся недостижимыми (в результате падения темпов производства и доходов).

Конечно, условия для комплексного взаимосвязанного развития инновационной деятельности (образование, НИОКР, производство, сбыт) существуют, однако не всегда учитываются в деятельности предприятий, региона и страны в целом. Предлагаемая нами методика определения кибернетического эффекта позволит связать воедино направления развития инновационной деятельности. Синергетический эффект [4], являющийся генератором добавленной стоимости, свидетельствует о комплексном подходе к инновационной деятельности [13].

Для осуществления объективной оценки синергетического эффекта предлагается использовать четыре группы показателей (рисунок 6).

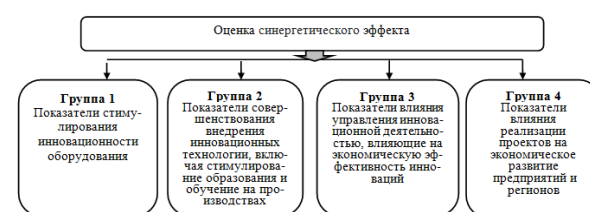


Рисунок 6. Группы показателей оценки синергетического эффекта

Figure 6. Group of indicators for assessing the synergistic effect

Первая группа показателей оценивает тенденции оптимизации процессов инновационной деятельности. Она связана с анализом и оценкой характеристик инновационности применяемого оборудования. Выявление данной группы показателей необходимо, так как большой объем оптимизационных инноваций на производстве ориентирован на замену устаревшей техники. При этом учитывается, что техника и оборудование производства являются важнейшим условием повышения или сохранения высокого качества вновь создаваемой продукции. Это способствует сбалансированности функционирования всех отделов предприятия, что особенно важно при внедрении новаций [11]. На мегауровне страны в 2015 году на технологические инновации было выделено 1203638,1 млн. руб. [5], на уровне Воронежской области – 9905,2 млн. руб. [6]. При этом средства, выделяемые бюджетом страны и регионов на развитие и внедрение нового оборудования, увеличивались.

Вторая группа показателей предполагает оценку совершенствования и внедрения технологии производства. Этот показатель является комплексным. Он включает стимулирование обучения и повышение образования в целом по стране и региону, финансирование и мотивацию изобретений и патентов на предприятии.

Объем финансирования, предусмотренного на реализацию программы развития профессионального образования в РФ в 2015 г., составил 245662,5 млн руб., в Воронежской области – 49229 тыс. руб. [7]. Данная группа показателей является перспективной, поскольку предполагает снижение налогов на инновационную продукцию, на заработную плату изобретателей, их премирование.

Третья группа показателей нацелена на финансовые результаты от управления инновационной деятельностью и экономической эффективностью мероприятий, которые включают стимулирование инвесторов и производителей.

При оценке синергетического эффекта недостаточно определить только инвестиционную результативность. Поэтому показатели четвертой группы определяют степень и характер сбыта инновационной продукции предприятия [8].

Предлагаемая методика определяет комплексный подход, учитывающий взаимосвязь в инновационной деятельности (оборудование, технологии, управление, сбыт). Она является универсальной по определению не только отдельных направлений и проектов на уровне отдельного предприятия, но может быть использована на уровне региона и страны. Эта методика

подходит для взаимоувязывания всех направлений инновационной деятельности, внедряемой на промышленных предприятиях, и для выявления на основании кибернетического эффекта наиболее эффективных проектов.

Заключение

Накопление инновационных разработок на уровне региона, зависимость от региональных инвестиций, уровня развития человеческого капитала (наличие образовательных учреждений в области и соответствующих компетенций) и оптимизации управления и сбыта (снижение административных барьеров, заключение договоров на уровне международных форумов и т. д.), проявляется по типу «лестницы», т. е. регион может добиться принципиально новых решений в области технологий и инвестирования эффективных проектов (как это случилось в Японии, США, странах Европы, обеспечивших новые решения в области электронной промышленности, информации и связи и т. д.) [12] и при этом не испытывать трудности стимулирования (в финансах, кадрах, сырье и рынках сбыта), если использовать предлагаемый нами «синергетический эффект», который обосновывает выбор оптимального проекта.

12 Barrot J.N. Investor Horizon and the Life Cycle of Innovative Firms: Evidence from Venture Capital // *Management Science*. 2017. P. 3021–3043.

13 Свиридова Т.Г. Подходы к созданию благоприятных условий для осуществления инновационной деятельности в истории развития экономики // *Вестник ВГУИТ*. 2017. Т. 79. № 4 (74). С. 330–338. doi:10.20914/2310-1202-2017-4-330-338.

REFERENCES

- 1 Lukina O.O. Changing the paradigm of innovation management in the context of economic transformation. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2016. no. 4. pp. 345–349. (in Russian).
- 2 Science and Engineering Indicator, 2000. National Science Board. Wash., 2010.
- 3 Innovacionnyj portal Ural'skogo Federal'nogo okruga [Innovative portal of the Ural Federal District] Available at: www.invur.ru (in Russian).
- 4 Kuzmin S. Prospects of Russia in the development of modern world economic trends. *Ekonomist* [The economist]. 2002. no. 1. pp. 14–25. (in Russian).
- 5 Gorodnikova N.V., Gokhberg L.M., Ditkovsky K.A. et al. Indikatory innovacionnoj deyatel'nosti: statisticheskij sbornik [Indicators of innovative activities: statistical collection]. M., NIU VSHEH, 2016. 320 p. (in Russian).
- 6 Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki [Federal state statistics service] Available at: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/science_and_innov (in Russian).
- 7 Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki [Federal state statistics service] Available at: <http://www.gks.ru/dbscripts/cbsd/dbinet.cgi> (in Russian).

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Лукина О.О. Смена парадигмы управления инновационной деятельностью в условиях трансформации экономики // *Вестник ВГУИТ*. 2016. № 4. С. 345–349.
- 2 Science and Engineering Indicator, 2000. National Science Board. Wash., 2010.
- 3 Инновационный портал Уральского Федерального округа. URL: www.invur.ru
- 4 Кузьмин С. Перспективы России в развитии современных мирохозяйственных тенденций // *Экономист*. 2002. № 1. С. 14–25.
- 5 Индикаторы инновационной деятельности: статистический сборник / Городникова Н.В., Гохберг Л.М., Дитковский К.А. [и др]. М.: НИУ ВШЭ, 2016. 320 с.
- 6 Федеральная служба государственной статистики URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/science_and_innov
- 7 Федеральная служба государственной статистики URL: <http://www.gks.ru/dbscripts/cbsd/dbinet.cgi>
- 8 Лукина О.О. Инновационная деятельность как сложная система функционирования и развития хозяйствующих субъектов // *Экономика и предпринимательство*. 2017. № 8. С. 711–714.
- 9 Gao H., Hsu Ph., Li K. Innovation strategy of private firms // *Journal of Financial and Quantitative Analysis*. 2018. P. 32.
- 10 Acharya V.V., Xu Z. Financial Dependence and Innovation: The Case of Public versus Private Firms // *Journal of Financial Economics*. 2017. P. 223–243.
- 11 Asker J., Farre-Mensa J., Ljungqvist A. Corporate Investment and Stock Market Listing: A Puzzle? // *Review of Financial Studies*. 2015. P.347.

8 Lukina O.O. Innovative activity as a complex system of functioning and development of managing subjects. *Ehkonomika i predprinimatel'stvo* [Economics and business]. 2017.no. 8. pp. 711–714. (in Russian).

9 Gao H., Hsu Ph., Li K. Innovation strategy of private firms. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*. 2018. pp. 32.

10 Acharya V.V., Xu Z. Financial Dependence and Innovation: The Case of Public versus Private Firms. *Journal of Financial Economics*. 2017. pp. 223–243.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Оксана О. Лукина, кафедра теории экономики и учетной политики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, oks.lukina@gmail.com

Владимир В. Дудчак д.э.н., профессор, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 14.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 10.08.2018

11 Asker J., Farre-Mensa J., Ljungqvist A. Corporate Investment and Stock Market Listing: A Puzzle? *Review of Financial Studies*. 2015. pp.347.

12 Barrot J.N. Investor Horizon and the Life Cycle of Innovative Firms: Evidence from Venture Capital. *Management Science*. 2017. pp. 3021–3043.

13 Sviridova T.G. Approaches to creating favorable conditions for innovation in the history of economic development. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2017. vol. 79. no. 4 (74). pp. 330-338. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2017-4-330-338.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Oksana O. Lukina Senior lecturer, department of theory of economics and accounting policy, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, oks.lukina@gmail.com

Vladimir V. Dudchak Dr. Sci. (Econ.), professor, department of economic security and financial monitoring, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.14.2018

ACCEPTED 10.8.2018

Анализ экономических и технологических факторов, влияющих на эффективность получения этилового спирта для химических и топливных целей

Михаил В. Туршатов	¹	lab78@mail.ru
Александр О. Соловьев	¹	lab78@mail.ru
Вера А. Кривченко	¹	lab78@mail.ru
Валентин В. Кононенко	¹	lab78@mail.ru

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», ул. Самокатная, 4-Б, г. Москва, 111033, Россия

Реферат. В настоящее время, рыночная стоимость производимого в РФ спирта достигает 500 рублей за 1 дал (при себестоимости до 430 рублей за 1 дал), что не позволяет эффективно его использовать в целях отличных от пищевых. Для успешной реализации данного спирта на нужды химической и топливной промышленности необходимо добиться рыночной стоимости до 300 рублей за 1 дал (с себестоимостью 250 рублей за 1 дал). Для достижения таких показателей проведены исследования по получению спирта из вторичных сырьевых ресурсов (ВСР), образующихся при комплексной переработке крахмалосодержащего сырья на глютен, крахмал, сиропы, аминокислоты и органические кислоты. В качестве ВСР использовали образцы крахмального молока и пшеничных отрубей. В результате было подобрано соотношение крахмального молока и отрубей, которое позволяет получить нормативный выход спирта до 66,3 дал/т условного крахмала. Получаемая барда по гранулометрическому составу оказалась схожа с зерновой, что позволяет перерабатывать ее в сухие кормопродукты по аналогичным энергосберегающим технологиям. Для повышения ценности данного кормопродукта, его обогащали протеином путем культивирования кормовых дрожжей. В результате был получен кормопродукт, соответствующий по показателям ГОСТ Р 55301-2012 «Дрожжи кормовые из зерновой барды». На основании проведенных исследований была разработана технология переработки смеси крахмального молока и отрубей в этиловый спирт и протеиновый кормопродукт. Технико-экономический анализ разработанной технологии свидетельствует об эффективности применения ВСР от комплексной переработки зернового сырья для производства этилового спирта и кормопродуктов.

Ключевые слова: этиловый спирт, вторичные сырьевые ресурсы, ВСР, барда, кормопродукты, комплексная переработка, технология

Analysis of economic and technological factors affecting the efficiency of obtaining ethyl alcohol for chemical and fuel purposes

Mikhail V. Turshatov	¹	lab78@mail.ru
Alexander O. Solovyev	¹	lab78@mail.ru
Vera A. Krivchenko	¹	lab78@mail.ru
Valentin V. Kononenko	¹	lab78@mail.ru

¹ All-Russian Scientific Research Institute of Food Biotechnology - a branch of the federal state budgetary research institution "Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology", Samokatnaya st., 4-B, Moscow, 111033, Russia

Summary. The market value of alcohol production reaches 500 rubles per 1 decaliter (at a cost of up to 430 rubles per 1 decaliter), which does not allow it to be used effectively for purposes other than alcohol beverages. To successfully implement this ethanol for the needs of the chemical and fuel industry it is necessary to achieve a market value of up to 300 rubles per 1 decaliter (with a cost of 250 rubles per 1 decaliter). To achieve such indicators, studies were carried out on the production of alcohol from starch-containing secondary raw materials of grain complex processing for gluten, starch, syrups, amino acids and organic acids. Samples of starch milk and wheat bran were used as secondary raw materials. As a result, the ratio of starch milk and bran was selected, which allows obtaining a normative yield of alcohol up to 66.3 decaliter / ton of conventional starch. The resulting bard was similar in terms of indicators from the grain, which makes it possible to treat stillage to dried fodder using the same enrgysave equipment. To increase the value of this food, it was enriched with protein by cultivation of fodder yeast. As a result, a fodder product was obtained, corresponding to GOST R 55301-2012 "Yeast fodder from a cereal bard". Based on the conducted studies, a technology was developed for processing a mixture of starch milk and bran in ethyl alcohol and a protein feed product. The technical and economic analysis of the developed technology demonstrates efficiency of secondary raw material using for production of ethyl alcohol and protein fodder.

Keywords: ethyl alcohol, secondary raw materials, bard, feed products, complex processing, technology

Введение

В мировом объеме производства этанола на долю пищевого спирта приходится не более 20%. Остальной производимый этиловый спирт используется либо на топливные цели – для производства оксигенатов, либо на химические цели – для производства этилацетата,

уксусной кислоты, кротонового альдегида и еще целого ряда химических веществ (рисунок 1).

Эффективность применения этилового спирта на топливные и химические цели определяется рядом факторов: обеспечение качественных показателей готовой продукции, обеспечение низкой себестоимости, обеспечение безотходности

Для цитирования

Туршатов М.В., Соловьев А.О., Кривченко В.А., Кононенко В.В. Анализ экономических и технологических факторов, влияющих на эффективность получения этилового спирта для химических и топливных целей // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 429–434. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-429-434

For citation

Turshatov M.V., Solovyev A.O., Krivchenko V.A., Kononenko V.V. Analysis of economic and technological factors affecting the efficiency of obtaining ethyl alcohol for chemical and fuel purposes. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 429–434. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-429-434

производства, а также обеспечение невозможности применения технического этилового спирта на пищевые цели. Основным из них, определяющим

экономическую целесообразность производства и применения технического этанола, является обеспечение его низкой себестоимости.

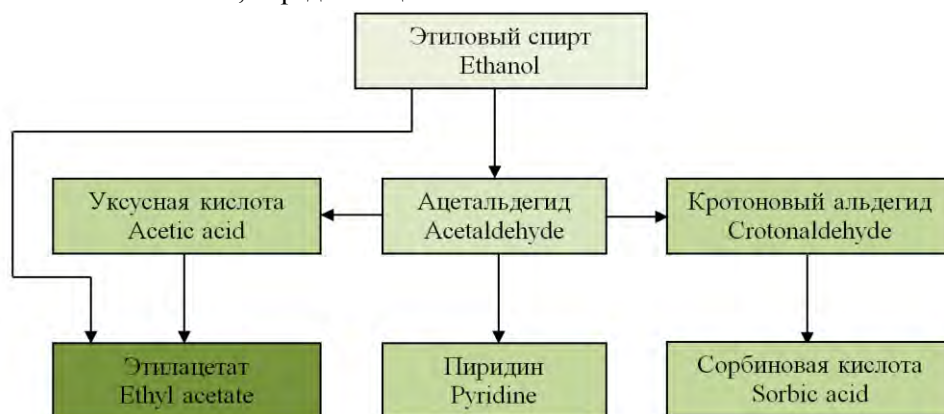


Рисунок 1. Варианты получения химической продукции из этилового спирта

Figure 1. Options for obtaining chemical products from ethanol

В структуре себестоимости этилового спирта из зерна доля сырья составляет 60–65% (таблица 1). При этом рыночная стоимость этанола на уровне 450–500 р. за 1 дал является неконкурентной на топливном и химическом рынке. Частично себестоимость спирта можно снизить внедрением ресурсо- и энергосберегающих технологий, подразумевающих: переработку концентрированных сред по «мягким» режимам; применение современного теплообменного оборудования; исключение разбавления продуктового потока теплоносителем; многократное использование тепла и жидкой фазы. Реализация такой технологии позволит сократить теплоэнергозатраты и водопотребление на 25–35%. Однако в себестоимости спирта снижение затрат составит не более 5%.

В то же время в последние годы растет количество заводов по глубокой переработке зерна, например, с получением глютенa, крахмалов, сиропов, аминокислот или органических кислот. При этом в больших количествах образуются крахмалсодержащие вторичные сырьевые ресурсы (ВСР). Это, в первую очередь, фракция крахмала Б, пентозаны, отруби, которые могут быть переработаны в этиловый спирт, кормопродукты и жидкую углекислоту [1–5]. При этом в общей прибыли предприятия по глубокой переработке зерна доля прибыли от спирта не превысит 15% (таблица 2), поэтому большую часть стоимости зерна можно отнести на другую продукцию.

Таблица 1.

Структура себестоимости этанола из зерна

Table 1.

The structure of the cost of ethanol from grain

Наименование элементов затрат Name of cost elements	Стоимость на 1 т зерна, р. Cost per 1 ton of grain, rubles		
	8000 дал/сут 8000 decalitre/day	9000 дал/сут 9000 decalitre/day	10000 дал/сут 10000 decalitre/day
1	2	3	4
Сырье Raw materials	222	250	278
Основные и вспомогательные материалы Basic and auxiliary materials	25		
Топливо Fuel	71		
Электроэнергия Electricity			
Основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих The basic and additional wages of production workers	54		
Отчисление на социальное страхование (27,1% от ФЗП) The deduction for social insurance (27.1% of the wage fund)			
Амортизация основных фондов Depreciation of fixed assets			
Цеховые расходы Shop costs			
Общезаводские расходы General plant costs			
Прочие производственные расходы Other production costs			

Продолжение табл. 1 | Continued table 1

1	2	3	4
Итого производственная себестоимость Total production cost	372	400	428
Доля сырья в себестоимости Share of raw materials in cost price	60	62,5	65
Производственная рентабельность Production profitability	20%		
Рыночная стоимость без НДС и акциза Market value, excluding value-added tax and excise tax	446	480	514

Тогда затраты на сырье не превысят 100 р. на 1 дал, себестоимость получаемого спирта может быть на уровне 250 р. за 1 дал, а его рыночная стоимость не превысит 300 р. за 1 дал. Такая стоимость является приемлемой для применения этанола как сырья для производства химической продукции, такой, как этилацетат или уксусная кислота. А учитывая, что на многих заводах по глубокой переработке зерна ВСП являются практически отходами, то одновременно с получением этанола решаются и экологические проблемы [6–8].

Однако несмотря на то что в мировой практике крахмальное молоко достаточно давно применяется для производства этанола, существует ряд технологических проблем при

его переработке: обеспечение высокого выхода спирта, а также проблема переработки барды. Для решения этих задач в лаборатории комплексной переработки сырья ВНИИПБТ были проведены исследования.

Материалы и методы

Для проведения исследований были получены образцы ВСП с нескольких предприятий. Проведен их анализ на содержание крахмала и протеина. Так, содержание крахмала в крахмальном молоке в среднем составило 20%, а в отрубях – 16%. Содержание протеина в молоке находится на уровне 5–6% абсолютно сухого вещества (асв), в отрубях 16–17% асв.

Таблица 2.

Технико-экономические показатели глубокой переработки пшеницы из 1 тонны пшеницы

Table 2.

Technical and economic indicators of deep processing of wheat from 1 ton of wheat

Показатели Indicators	Продукты переработки Refined products				
	Глютен Gluten	Лизин Lysine	Сухая барда Dry grains	Спирт Alcohol	Жидкий CO ₂ Liquid CO ₂
Единица измерения Unit of measurement	кг kg	кг kg	т tons	дал decalitre	т tons
Количество Amount	77	200	0,11	15	0,07
Стоимость ед., р. Unit price, rubles	70	90	9000	330	9000
Стоимость продукции, р. Cost of production, rubles	5390	18000	990	4950	630
Производственная рентабельность, % Production profitability, %	30	30	50	20	100
Чистая прибыль товарной продукции, р. Net profit of commodity output, rubles	1243	4153	330	825	315
Общая прибыль, р. Total profit, rubles	6866				
Доля прибыли от спирта, % Share of profits from alcohol, %	12%				

Далее проводились исследования по переработке крахмального молока в этиловый спирт. На первом этапе исследований были экспериментально подобраны оптимальные режимы водно-тепловой и ферментативной обработки крахмального молока.

Результаты и обсуждение

Исследования по сбраживанию сусла из крахмального молока показали, что несмотря

на практически полное усвоение дрожжами сахаров сырья, выход спирта оказался ниже нормативного. Это, вероятно, связано с повышенными тратами углеводов на накопление биомассы при переработке обедненного белком и аминокислотами крахмального молока. Отсутствие взвешенных частиц в сусле способствует быстрому оседанию дрожжей, что негативно сказывается на технологических показателях (таблица 3).

Таблица 3.

Технологические показатели зрелой барды при переработке крахмального молока

Table 3.

Technological parameters of mature mating during processing of starch milk

Технологические показатели Technological indicators	Единица измерения Unit of measurement	Значения Values
Отброд Apparent density	°Б	-0,50
pH	-	4,45
Кислотность Acidity	°Д	0,35
Содержание спирта Alcohol content	% об. % vol.	11,40
Остаточные углеводы Residual carbohydrates		
– общие general	г/100 см ³ g/100 cm ³	0,21
– растворимые soluble	г/100 см ³ g/100 cm ³	0,18
– нерастворенный крахмал undissolved starch	г/100 см ³ g/100 cm ³	0,02
Выход спирта The yield of alcohol	дал/т усл. крахмала deciliters/ton of conventional starch	65,40
– фактический actual	дал/т усл. крахмала deciliters/ton of conventional starch	66,30
– нормативный (для пшеницы) normative (for wheat)		

Дисперсный анализ образуемой барды показал, что размер большинства частиц находится в промежутке 0–0,5 мм, что негативно отразится на дальнейшей ее переработке в сухие продукты из-за низкой эффективности оборудования по разделению барды, по концентрированию фильтрата барды, больших энергозатрат на сушку. По основному качественному показателю – содержанию протеина, полученная барда также значительно уступает зерновой и не соответствует ГОСТу на барду кормовую.

На следующем этапе исследований проводили совместную переработку крахмального молока и отрубей. Учитывая, что отруби содержат большое количество некрахмалистых полисахаридов, в начале провели исследование влияния концентрации отрубей в замесе на его вязкость. Установлено, что максимальная концентрация отрубей в замесе при сохранении его технологичности составляет не более 10–12%.

Далее проводили сбраживание сусла, полученного из смеси крахмального молока и отрубей в различном соотношении. Анализ полученных данных показал, что наилучшие технологические показатели, в том числе и выход спирта, были получены в варианте эксперимента с содержанием отрубей 8%. При этом выход спирта находится на уровне нормативного.

Гранулометрический анализ образующейся барды показал, что получаемая барда по своим характеристикам приближена к зерновой. Это позволяет ее перерабатывать в сухие продукты по современным энергосберегающим технологиям. По содержанию протеина полученная барда соответствует ГОСТ 31809–2012 «Барда кормовая. Технические условия» [9], однако данный показатель находится вблизи нижней границы и спрос на такой кормопроduct не будет высоким.

Для повышения ценности получаемого кормопроductа был исследован способ обогащения барды протеином за счет культивирования на ней штаммов-продуцентов кормовых дрожжей. Исследования включали в себя подбор оптимальной концентрации субстрата, оптимального штамма микроорганизма, оптимального минерального питания.

Выводы

Наилучшие показатели были получены при культивировании штамма *Rhodosporidium diobovatum* 115 на субстрате из смеси барды (85%) и гидролизата крахмального молока (15%). По качественным показателям (таблица 4) получаемый продукт соответствует ГОСТ на кормовые дрожжи из зерновой барды [10].

Таблица 4.

Качественные показатели протеинового кормопроductа

Table 4.

Qualitative indicators of protein feed product

Показатели Indicators	Единица измерения Unit of measurement	Значение Value
Сырой протеин Crude protein	% на а.с.в. % on absolutely dry matter	44,7
Истинный белок по Барнштейну True protein according to Barnstein	% на а.с.в. % on absolutely dry matter	37,8
Углеводы Carbohydrates	г/100 см ³ g/100 cm ³	0,39
Клетчатка Cellulose	% на а.с.в. % on absolutely dry matter	8,9
Сырой жир Crude fat	% на а.с.в. % on absolutely dry matter	1,35

На основании проведенных исследований была разработана технология переработки смеси крахмального молока и отрубей в этиловый спирт и протеиновый кормопроduct.

Технико-экономический анализ разработанной технологии показал, что из смеси 1 т крахмального молока и 100 кг пшеничных отрубей можно получить 15 дал этилового спирта с себестоимостью порядка 250–280 р. за 1 дал и 100 кг протеинового кормопроductа

с себестоимостью 8–10 р. за 1 кг при рыночной цене 15–20 р.

Благодарности

Научно-исследовательская работа по подготовке рукописи проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания в рамках программы «Фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы» (№ 0529-2015-0109).

ЛИТЕРАТУРА

1 Гольдштейн В.Г., Лукин Н.Д., Радин О. Побочные продукты крахмалопаточного производства – кормовые компоненты // Комбикорма. 2018. № 7–8. С. 54–56.

2 Туршатов М.В., Леденев В.П., Кононенко В.В., Кривченко В.А., Соловьев А.О., Моисеева Н.Д. Технико-экономические аспекты получения спирта из вторичных сырьевых ресурсов, образуемых при комплексной переработке пшеницы // Производство спирта и ликероводочных изделий. 2015. № 1. С. 33–35.

3 Кононенко В.В., Туршатов М.В., Леденев В.П., Кривченко В.А., Моисеева Н.Д., Соловьев А.О. Комплексная переработка сырья – реальная перспектива повышения рентабельности спиртового производства // Хранение и переработка сельхозсырья. 2017. № 10. С. 10–14.

4 Уланова Р.В., Кравченко И.К., Колпакова В.В., Лукин Н.Д. Новое использование побочных продуктов спиртовой промышленности // Хранение и переработка сельхозсырья. 2017. № 11. С. 34–37.

5 Андреев Н.Р., Колпакова В.В., Гольдштейн В.Г., Кравченко И.К. и др. Утилизация вторичных продуктов переработки тритикале с получением кормового микробно-растительного концентрата для прудовых рыб // Юг России: экология, развитие. 2017. Т. 12. № 4. С. 90–104.

6 Кириллов Е.А., Грунин Е.А., Кононенко В.В., Алексеев В.В. и др. Требования законодательства РФ к технологии брагоректификации, денатурирования и абсолютирования спирта при производстве биоэтанола // Биотехнологии в комплексном развитии регионов: материалы международной научно-практической конференции. 2016. С. 38.

7 Поляков В.А., Абрамова И.М., Серба Е.М., Погоржельская Н.С. Фундаментальные и прикладные исследования ВНИИПБТ как эффективный базис создания инновационных ресурсосберегающих технологий // Современные биотехнологические процессы, оборудование и методы контроля в производстве спирта и спиртных напитков. Сборник научных трудов. 2017. С. 3–11.

8 Серба Е.М., Абрамова И.М., Римарева Л.В., Оверченко М.Б., Игнатова Н.И., Грунин Е.А. Влияние ферментных препаратов на технологические показатели зернового сула и качество спирта // Пиво и напитки. 2018. № 1. С. 50–54.

9 ГОСТ 31809–2012. Барда кормовая. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2013. 12 с.

10 ГОСТ Р 55301–2012. Дрожжи кормовые из зерновой барды. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 14 с.

REFERENCES

1 Goldstein V.G., Lukin N.D., Radin O. By-products of starch-fiber production – fodder components. *Kombikorma* [Mixed feed]. 2018. no. 7–8. pp. 54–56. (in Russian)

2 Turshatov M.V., Ledenev V.P., Kononenko V.V., Krivchenko V.A., Soloviev A.O., Moiseeva N.D. Technical and economic aspects of obtaining alcohol from secondary raw materials, formed during complex processing of wheat. *Proizvodstvo spirta i likerovodochnykh izdelij* [Production of alcohol and alcoholic beverages]. 2015. no. 1. pp. 33–35. (in Russian)

3 Kononenko V.V., Turshatov M.V., Ledenev V.P., Krivchenko V.A., Moiseeva N.D., Soloviev A.O. Complex processing of raw materials – a real prospect of increasing the profitability of alcohol production. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya* [Storage and processing of agricultural raw materials]. 2017. no. 10. pp. 10–14. (in Russian)

4 Ulanova R.V., Kravchenko I.K., Kolkpakova V.V., Lukin N.D. New use of by-products of the alcohol industry. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya* [Storage and processing of agricultural raw materials]. 2017. no. 11. pp. 34–37. (in Russian)

5 Andreev N.R., Kolkpakova V.V., Goldstein V.G., Kravchenko I.K. et al. Utilization of secondary products of processing of triticale with production of fodder microbial-vegetative concentrate for pond fish. *Yug Rossii: ehkologiya, razvitie* [South of Russia: ecology, development]. 2017. vol. 12. no. 4. pp. 90–104. (in Russian)

6 Kirillov E.A., Grunin E.A., Kononenko V.V., Alekseev V.V. et al. Requirements of the legislation of the Russian Federation to the technology of rectification, denaturing and absolute alcohol in the production of bioethanol. *Biotehnologii v kompleksnom razvitii regionov: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Biotechnologies in the integrated development of regions: materials of the international scientific-practical conference]. 2016. pp. 38. (in Russian)

7 Polyakov V.A., Abramova I.M., Serba E.M., Pogorzelskaya N.S. Fundamental and applied research VNIIBPT as an effective basis for the creation of innovative resource-saving technologies. *Sovremennyye biotekhnologicheskie processy, oborudovanie i metody kontrolya v proizvodstve spirta i spirtnykh napitkov. Sbornik nauchnykh trudov*. [Modern biotechnological processes, equipment and methods of control in the production of alcohol and spirits. Collection of scientific papers]. 2017. pp. 3–11. (in Russian)

8 Serba E.M., Abramova I.M., Rimareva L.V., Overchenko M.B., Ignatova N.I., Grunin E.A. Influence of enzymatic preparations on technological parameters of grain wort and quality of alcohol. *Pivo i napitki* [Beer and drinks]. 2018. no. 1. pp. 50–54. (in Russian)

9 GOST 31809–2012. Barda kormovaya. Tekhnicheskie usloviya [Feed bard. Technical conditions]. Moscow, StandardInform, 2013. 12 p. (in Russian)

10 GOST 55301–2012. Drozhzhi kormovye iz zernovoj bardy. Tekhnicheskie usloviya [Yeast fodder from a cereal bard. Technical conditions]. Moscow, StandardInform, 2014. 14 p. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Михаил В. Туршатов к.т.н., заведующий лабораторией технологии спиртового производства, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», ул. Самокатная, 4-Б, г. Москва, 111033, Россия, lab78@mail.ru

Александр О. Соловьев м.н.с., лаборатория комплексной переработки сырья, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», ул. Самокатная, 4-Б, г. Москва, 111033, Россия, lab78@mail.ru

Вера А. Кривченко к.т.н., в.н.с., лаборатория комплексной переработки сырья, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», ул. Самокатная, 4-Б, г. Москва, 111033, Россия, lab78@mail.ru

Валентин В. Кононенко к.т.н., заведующий отделом комплексной переработки сырья, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», ул. Самокатная, 4-Б, г. Москва, 111033, Россия, lab78@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Михаил В. Туршатов написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию, провел эксперимент, выполнил расчеты

Александр О. Соловьев обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент

Вера А. Кривченко обзор литературных источников по исследуемой проблеме, консультация в ходе исследования

Валентин В. Кононенко предложил методику проведения эксперимента и организовал производственные испытания

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 15.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 19.08.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Mikhail V. Turshatov Cand. Sci. (Tech.), head of the laboratory of alcohol production technology, All-Russian Scientific Research Institute of Food Biotechnology - a branch of the federal state budgetary research institution "Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology", Str. Samokatnaya, 4-B, Moscow, 111033, Russia, lab78@mail.ru

Alexander O. Solovyev junior researcher, laboratory of complex processing of raw materials, All-Russian Scientific Research Institute of Food Biotechnology - a branch of the federal state budgetary research institution "Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology", Str. Samokatnaya, 4-B, Moscow, 111033, Russia, lab78@mail.ru

Vera A. Krivchenko Cand. Sci. (Tech.), leading research worker, laboratory of complex processing of raw materials, All-Russian Scientific Research Institute of Food Biotechnology - a branch of the federal state budgetary research institution "Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology", Str. Samokatnaya, 4-B, Moscow, 111033, Russia, lab78@mail.ru

Valentin V. Kononenko Cand. Sci. (Tech.), head of division for complex processing of raw materials, All-Russian Scientific Research Institute of Food Biotechnology - a branch of the federal state budgetary research institution "Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology", Str. Samokatnaya, 4-B, Moscow, 111033, Russia, lab78@mail.ru

CONTRIBUTION

Mikhail V. Turshatov wrote the manuscript, correct it before filing in editing, conducted an experiment, performed computations

Alexander O. Solovyev review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment

Vera A. Krivchenko review of the literature on an investigated problem, consultation during the study

Valentin V. Kononenko proposed a scheme of the experiment and organized production trials

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.15.2018

ACCEPTED 8.19.2018

Теоретические основы воспроизводства экономического потенциала корпорации в условиях финансового кризиса

Александр В. Агibalов	¹	agi-64@mail.ru
Людмила А. Запорожцева	¹	ludan23@yandex.ru
Юлия В. Ткачева	¹	julchen19@yandex.ru
Юлия В. Марышева	¹	serik-yuliya@yandex.ru

¹ Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, Воронеж, 394087, Россия

Реферат. В статье теоретически обосновывается, что в условиях рыночной экономики кризис является фактором эволюции экономических систем. Учитывая, что кризис является категорией макро-, мезо- и микроуровня и возникает в мировых, национальных и региональных экономиках, доказывается, что для корпораций кризисы имеют особенное значение: поскольку с одной стороны, организации являются аккумуляторами всех негативных проявлений внешней среды деятельности, а с другой – самостоятельными источниками бифуркаций, развивающихся во внутренней системе отношений. В этой связи, при всех негативных аспектах финансового кризиса для функционирования экономики страны, его можно рассматривать как стимул для поиска возможностей развития и повышения эффективности корпоративного производства. С практической точки зрения использование возможностей каждой отдельной корпорации в условиях финансового кризиса должно основываться на прогнозировании надвигающихся угроз кризисных явлений и их устранении, нивелировании или использовании в интересах экономического роста. Перечисленные в статье перспективы роста являются примером того, как негативные экономические факторы могут превратиться в возможности для развития коммерческих структур. При этом каждый хозяйствующий субъект должен разработать стратегию развития бизнеса и иметь мобильную финансовую политику, которая может быть адаптирована в кратчайшие сроки в нестабильных условиях, продиктованных кризисом.

Ключевые слова: экономический потенциал, корпорация, финансовый кризис

The theoretical basis of economic potential reproduction of the corporation in the financial crisis conditions

Alexander V. Agibalov	¹	agi-64@mail.ru
Lyudmila A. Zaporozhtseva	¹	ludan23@yandex.ru
Yuliya V. Tkacheva	¹	julchen19@yandex.ru
Yuliya V. Marysheva	¹	serik-yuliya@yandex.ru

¹ Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter The Great, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia

Summary. The article theoretically proves that crisis becomes a factor of evolution of economic systems in the conditions of market economy. The crisis is a category of macro -, meso – and micro-level and occurs in the world, national and regional economies. So authors proves that crises have a particular importance for corporations: on the one hand organizations are the accumulators of all negative manifestations of the external environment of activity, and on the other they are independent sources of bifurcations, developing in the internal system of relations. In this regard, in spite of all the negative aspects of the financial crisis for the functioning of the country's economy, it can be considered as an incentive to find opportunities for development and increase the efficiency of corporate production. Practical point of view shows that the use of the capabilities of each individual corporation in the context of the financial crisis should be based on forecasting the impending threats of crisis phenomena and their elimination, leveling or using for economic growth. The growth prospects listed in the article are an example of turning of negative economic factors into opportunities for the development of commercial structures. At the same time, each business entity should work out a business development strategy and have a mobile financial policy that can be adapted as soon as possible in unstable conditions dictated by the crisis.

Keywords: economic potential, corporation, financial crisis

Введение

Специфика современной экономики проявляется в высокой динамике и частоте макроэкономических кризисов различного масштаба и генезиса. В деятельности каждой коммерческой структуры возникают сложные, переломные моменты – кризисные ситуации,

которые могут быть обусловлены широким спектром как внешних, так и внутренних факторов. Классической моделью поведения корпорации в условиях нестабильности финансов и макроэкономической ситуации является максимизация прибыли, а сохранение самого предприятия и поиск путей оптимизации расходов,

Для цитирования

Агibalов А.В., Запорожцева Л.А., Ткачева Ю.В., Марышева Ю.В. Теоретические основы воспроизводства экономического потенциала корпорации в условиях финансового кризиса // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 435–443. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-435-443

For citation

Agibalov A.V., Zaporozhtseva L.A., Tkacheva Yu.V., Marysheva Yu.V. The theoretical basis of economic potential reproduction of the corporation in the financial crisis conditions. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 435–443. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-435-443

издержек и себестоимости товаров. Вместе с тем усугубление масштабов кризисов до мирового системного уровня, повышение волатильности развития национальных и региональных социально-экономических систем требуют концептуального переосмысления механизмов воспроизводства потенциала и обеспечения эффективности деятельности экономических субъектов.

Определение понятия финансовый кризис

В условиях рыночной экономики значительно вырос интерес ученых к кризису как фактору эволюции экономических систем и проблемам антикризисного управления на различных уровнях, игнорирование которых невозможно в рыночных условиях.

Рассматривая генезис понятия «кризис», мы установили, что современное общеупотребительное значение «krisis» произошло от греческого глагола «kriño». Лексическое содержание слова состояло ранее в определении и выборе между двумя антагонистичными вариантами – жизнью и смертью, удачей и крахом [2]. В настоящее время кризис – это дилемма, отражающая стремительный нефункциональный переход из одного состояния, обычно хорошего, устойчивого, в другое, плохое и неустойчивое, в тяжелую решающую минуту.

Многие экономисты выделяют эту точку в развитии корпораций как принципиальный момент, в котором решается вопрос о существовании экономического субъекта, продолжении им производственно-коммерческой деятельности в прежнем направлении и объеме.

Другие, как например Р. Козеллек, рассматривают его как фактор, запускающий процессы эволюционного развития. Согласно такому подходу кризис – это объективный результат диалектического перехода количественных изменений в качественные, обусловленный бифуркационным скачком-переходом от одного этапа к другому, то есть формируется точка исторического перехода от одной эпохи к другой. Р. Козеллек отмечает рецидивность кризиса и характеризует его как «динамо» развития и прогресса, отмечая его каталитическую природу воздействия на исторические процессы: результатом кризиса всегда является или устранение первоначального объекта, или его перерождение в качественно новом состоянии, с особой траекторией развития [3].

Развивая описанный подход, мы приходим к выводу, что кризис – это категория макро-, мезо- и микроуровня, имеющая обозначенные

функции. Кризисы возникают в мировых, национальных и региональных экономиках, но для корпораций они имеют особенное значение, поскольку, с одной стороны, организации являются аккумуляторами всех негативных проявлений внешней среды деятельности, а с другой – самостоятельными источниками бифуркаций, развивающихся во внутренней системе отношений.

Все виды кризисов взаимодействуют и мультиплицируют общий негативный результат (производственно-коммерческие могут быть результатом технологических кризисов и приводят к финансово-платежным, а финансово-платежные усугубляют воспроизводственные при наличии организационных), содействуя возникновению общего (системного) кризиса, создавая опасность потери финансовой устойчивости, появления несостоятельности и усиливая негативные явления в деятельности корпорации. Локализация одного кризиса не означает исчезновение другого и, наоборот, что объясняет природу финансового кризиса коммерческих структур (рисунок 1).

Разные методики прогнозирования позволяют определить проявление того или иного вида кризиса, но не позволяют достоверно связать результаты прогнозирования с моментом фактического его наступления.

В группе экономических кризисов отдельно выделяются финансовые, обусловленные противоречием в состоянии финансовой системы или финансовых возможностях фирмы. Это кризисы денежного выражения экономических процессов.

А.Е. Метелев, И.С. Метелев [9] выделяют некоторые сущностные характеристики финансового кризиса корпорации, позволяющие комплексно охарактеризовать его как объект финансового менеджмента.

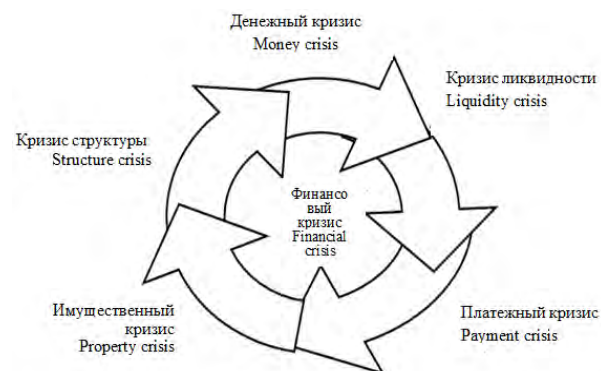


Рисунок 1. Взаимосвязь и взаимообусловленность кризисов

Figure 1. The relationship and the "intersectionality" of crises

1. Финансовый кризис корпорации – объективный экономический процесс. Он рассматривается не только как объективно неизбежный, но и как объективно необходимый процесс, который несет импульс для активизации развития хозяйствующего субъекта.

2. Финансовый кризис корпорации – процесс, протекание которого детерминировано во времени. В то же время в экономической литературе рассматривается многоступенчатый процесс, который определяет дифференциацию механизмов антикризисного финансового управления в контексте отдельных этапов его возникновения в корпорации (с начала финансового кризиса до его разрешения).

3. Финансовый кризис отражает характер финансовых противоречий корпорации. С точки зрения обеспечения условий для развития предприятия основной формой финансовых противоречий является противоречие между фактическим состоянием его финансового потенциала и требуемым объемом финансовых потребностей.

4. Основной формой проявления финансового кризиса считается существенное нарушение финансового равновесия корпорации (потеря платежеспособности, снижение финансовой устойчивости и т. д.).

5. Финансовый кризис может возникать на протяжении всех стадий жизненного цикла предприятия (рождение, рост, зрелость, проблемы, оздоровление/ банкротство/ перефилирование).

6. Финансовый кризис предприятия носит циклический характер. Вместе с тем цикличность формирования кризиса на уровне корпораций не всегда совпадает с фазой общеэкономического цикла, а финансовый кризис не всегда определяется кризисом операционной деятельности предприятия.

7. Финансовый кризис предприятия генерируется как внешними, так и внутренними факторами.

8. Финансовый кризис несет самые опасные потенциальные угрозы для функционирования хозяйствующего субъекта. Любая форма финансового кризиса предприятия приводит к значительному шоку всей экономической деятельности и угрожает ее экономической безопасности. В то же время финансовый кризис является не только разрушительным, но при эффективном его разрешении имеет прогрессивный характер с точки зрения обновления некоторых элементов финансовой системы предприятия и последующего усиления его финансовой деятельности.

Таким образом, под финансовым кризисом следует понимать один из видов локального кризиса корпорации, который характеризует

такое ее состояние, при котором падают финансовые показатели, теряется платежеспособность, растет кредиторская задолженность, появляется угроза банкротства, при этом кризис может носить оздоровительный характер, создавая возможность перехода к новой восходящей фазе.

Рассмотрим подробнее корпорацию как среду формирования финансового кризиса.

Поскольку изначально корпорация – это объединение лиц, физических и/или юридических, нацеленных на общий результат, то понятие финансового кризиса, на наш взгляд, больше относится к коммерческим организациям. Некоммерческие корпорации в меньшей степени подвержены ограниченности финансовых ресурсов: объем их деятельности не выходит за рамки сформированных фондов, а прибыль не всегда является приоритетной целью.

Коммерческие корпорации создаются для генерирования прибыли, а потому в большей степени подвержены финансовым кризисам. Область отражения во внутренней среде результатов взаимодействия корпорации и внешней среды можно охарактеризовать как «кризисное поле» диагностики состояния корпорации. В.А. Губин [6] отмечает, что в процессе существования коммерческой организации структура этого поля постоянно меняется, что происходит как из-за изменения состава и качества финансовых отношений, так и развития управления корпорации. Следовательно, в данном ракурсе корпорацию можно рассматривать как платформу конфликтов и иррационального поведения различных участников корпоративных отношений, усиливающих негативные воздействия или дезориентирующих положительные явления. Тогда угроза финансового кризиса – это опасность иррационального развития ее конфликта с внешней рыночной средой. То есть предметом исследования является ситуация, когда априорно присутствующий конфликт формирует перспективу выхода этой опасности из зоны функционального управления. Индикатором развития кризиса будет сохранение функциональной взаимосвязи систем управления корпорации, ее базовых компонентов и бизнес-процессов (таблица 1).

В зависимости от наличия или отсутствия функциональной взаимосвязи предлагается определять степень детерминированности угроз финансового кризиса: потенциальная латентная, реальная, легальная и катастрофа. Потенциальная степень угрозы связана с сущностью коммерческой деятельности: предприниматель на свой страх и риск ведет коммерческую деятельность, его наградой является прибыль, а расплатой за промахи – убытки деятельности. Аналогично она реализуется для собственников и учредителей корпорации.

«Кризисное поле» диагностики состояния корпорации

Table 1.

"Crisis field" diagnostics of the Corporation

Диагностика результатов взаимодействия базовых компонентов корпорации Diagnostics of the results of the interaction of the basic components of the corporation	Степень детерминированности угрозы финансового кризиса The degree of determinism of the threat of financial crisis
Дифференцируемая функциональная зависимость системы управления корпорации Differentiated functional dependence of the control system of the Corporation	Потенциальная Potential
Выраженная функциональная зависимость системы управления корпорации Expressed as a functional dependence of the control system of the Corporation	Латентная Latent
Невыраженная функциональная зависимость системы управления корпорации Unspoken functional dependence of the control system of the Corporation	Реальная Real
Недифференцируемая функциональная зависимость системы управления корпорации Derivative of the functional dependence of the system of control of the Corporation	Легальная Legal
Отсутствие функциональной зависимости системы управления корпорации Lack of functional dependence of the control system of the Corporation	Катастрофа Disaster

Латентная, или скрытая, степень угрозы кризиса - это невыраженная явно опасность, когда разрушение экономической системы не рассматривается потенциально, но его возможность уже формируется. Реальная степень угрозы кризиса характеризуется достаточным объемом конфликтов организации с внешней средой ввиду развитости качества и больших объемов финансовых отношений. Легальная кризисная угроза представляет собой объявленный и законодательно декларированный конфликт, который в незначительной степени ограничивает различные виды прав собственников и менеджеров. Катастрофа – это такая степень формирования конфронтации корпорации и внешней среды, при которой ставится вопрос о прекращении существования корпорации. Финансовый кризис явен, не имеет точек разворота

к благоприятному исходу, а финансовое оздоровление нерационально, то есть вложенные ресурсы не окупятся и банкротство будет единственным экономически эффективным вариантом (таблица 2). Такое развитие можно рассматривать как естественное в рамках эквивиального подхода.

Мы дополнили характеристиками скорости и возможности разворота подход В.А. Губина, что, на наш взгляд, позволяет не только интерпретировать степень угрозы финансового кризиса, но и детерминировать поведение корпорации, ее собственников и менеджеров для ограничения области конфронтации и диффузии «кризисного поля». Более того, полагаем возможным выход экономического субъекта за рамки эквивиального подхода и переход к перманентной концепции развития.

Таблица 2.

Процесс развития угрозы финансового кризиса на стадиях жизненного цикла компании согласно эквивиальному подходу

Table 2.

The process of developing the threat of a financial crisis at the stages of a company's life cycle according to an equifinal approach

Степень детерминированности угрозы финансового кризиса The degree of determinism of the threat of financial crisis	Стадии жизненного цикла корпорации Stages of the Corporation life cycle	Точка входа в стадию кризиса Point of entry into the crisis stage	Скорость развития кризиса The speed of the crisis	Точка выхода из стадии кризиса Point of exit from the crisis stage	Возможность оздоровления компании и затраты ресурсов (точка разворота) The possibility of recovery of the company and the cost of resources (the turning point)
1	2	3	4	5	6
Потенциальная угроза Potential threat	Зарождение Origin	Создание коммерческой организации Establishment of a commercial organization	Низкая, вялотекущие процессы Low, sluggish processes	Кумулятивное ухудшение финансового состояния корпорации Cumulative deterioration of the Corporation's financial condition	Высокая при низких затратах High at low cost
Латентная угроза Latent threat	Рост, зрелость	Нарушения финансирования деятельности Violations of financing activities	Низкая Low	Сокращение собственных оборотных активов Reduction of own current assets	Высокая при умеренных затратах High cost-effective

1	2	3	4	5	6
Реальная угроза Real threat	Спад Recession	Формирование просроченной задолженности в объемах, достаточных для подачи искового заявления по признакам банкротства Formation of overdue debts in the amounts sufficient for filing a claim on the grounds of bankruptcy	Средняя Average	Вхождение в процесс банкротства, наличие исков к компании Entering the bankruptcy process, the presence of claims against the company	Средняя при умеренных затратах Average at moderate cost
Легальная угроза Legal threat	Кризис Crisis	Принятие исков к судопроизводству Acceptance of claims to legal proceedings	Высокая High	Внешнее управление External management	Средняя при высоких затратах Average at high cost
Катастрофа Disaster	Глубокий кризис Deep crisis	Признание неэффективным внешнего управления Recognition of ineffective external management	Высокая High	Конкурсное производство/Ликвидация / Реорганизация Bankruptcy/ Liquidation / Reorganization	Низкая, затраты нерациональны Low, cost's irrational

По мнению М.А. Лукашовой, кризисная ситуация в корпорации – процесс объективный и неоднозначный: кризис приводит либо к оптимизации системы путем активизации всех ее элементов, ее развитию и процветанию, либо к ее полному уничтожению в случае невозможности адаптироваться к новым условиям [7].

В концепции перманентного развития корпорации кризис можно считать объективным инструментом перехода от спада к росту и развитию, следовательно, постоянно возникающие бифуркации и диффузии кризисного поля образуют механизм перманентного роста корпорации. Пока коммерческой организации удастся создавать условия эффективного использования результатов кризисов, она будет находиться на траектории альтернативного развития стадии роста и зрелости.

Таким образом, еще классики экономики, такие, как И. Шумпетер, Р. Козеллек, П. Рикер, отмечали, что наряду с негативными последствиями любой кризис, в том числе и финансовый, оказывает положительное влияние на управленческие механизмы разных уровней: на менеджмент организации, на политику, которую будут проводить субъекты государственной власти, и т. д. Именно в период кризиса субъекты переходят на более высокоорганизованные инновационные пути развития, реализуются новые проекты, принимаются новые программы, а большинство открытий и внедрений технических новшеств осуществляется в период выхода экономики из кризиса [2,4], что формирует повышенную потребность в инвестиционных вливаниях и капиталах. Однако преимущественно здесь для российского

государства возникают трудноразрешаемые проблемы поиска свободных капиталов, стимулов для их привлечения в инновационные сферы экономики, да и выбора самой инновационной политики. При этом К. Борхард предостерегает от преувеличенного оптимизма и надежды на функциональность финансовых кризисов. Он подчеркивает, что несмотря на кажущуюся простоту и понятность всех происходящих макро- и микропроцессов, кризисы необходимо изучать и извлекать из них знания, которые могут послужить для «корректировки структурных диссонансов» [1].

Повышение эффективности управления экономикой в значительной степени основано на понимании воспроизводственных процессов и процессов капитализации, которые протекают не только на макро- и мезоуровне, но и на уровне отдельных хозяйствующих субъектов. Именно создание условий для устойчивого развития становится стимулом для региональных воспроизводственных процессов и позволяет существенно повысить конкурентоспособность коммерческих структур.

Воспроизводство экономического потенциала корпорации связано с процессом непрерывного обновления всех ее компонентов. В то же время различают:

— простое воспроизводство экономического потенциала корпорации, которое осуществляется в неизменных объемах для обновления потребленных факторов производства и обеспечения непрерывности функционирования хозяйствующего субъекта;

— расширенное воспроизводство (развитие, наращивание) экономического потенциала

корпорации предусматривает количественное и качественное развитие производственных факторов и других составляющих потенциала, чем обеспечивается более высокая результативность деятельности компании.

Для эффективного воспроизводства экономического потенциала корпорации необходимо создавать и поддерживать определенные условия и учитывать множество факторов, характеризующих ее внешнюю и внутреннюю среду.

К факторам внешней среды можно отнести среду прямого воздействия: поставщиков, потребителей, государство, конкурентов, и среду косвенного воздействия: экономическую ситуацию в стране, политические факторы, отношения с местным населением, технологию, экологический фактор и пр.

По мнению К.Ю. Матвеева, Ю.В. Матвеева [8], исходя из концептуального подхода к воспроизводственному потенциалу как совокупности ресурсов, факторов и результатов функционирования воспроизводственного процесса, можно разделить этот потенциал на три компонента: фактический, прогнозируемый и скрытый. Рассматривая природу фактического, или достигнутого, потенциала, они отмечают, что он характеризуется фактическими ресурсными (объем разведанных полезных ископаемых,

население и трудовые ресурсы, стоимость основных фондов) и результативными (объем производства и продаж, добавленная стоимость и иные показатели доходов) показателями, а также динамическими параметрами внешней и внутренней среды деятельности организации.

Прогнозируемый (предполагаемый) и скрытый (неизмеряемый) потенциалы могут быть разложены в системе координат ресурсных, результирующих и динамических критериев. На наш взгляд, спорным является утверждение о невозможности измерения скрытого потенциала: его компоненты действительно не видимы аутсайдерам, но в системе движения инсайдерской информации их вполне можно детерминировать.

Логика исследования подводит нас к общей схеме воспроизводственного потенциала, компоненты которого имеют зоны непосредственного контакта и взаимодействия (рисунок 2).

Как мы отмечали выше, экономическая наука доказывает, что кризисная ситуация может создавать возможности роста для субъектов предпринимательства. Главное – иметь высокий уровень развития управленческой составляющей, чтобы трансформировать надвигающиеся угрозы экономической деятельности в возможные точки роста.

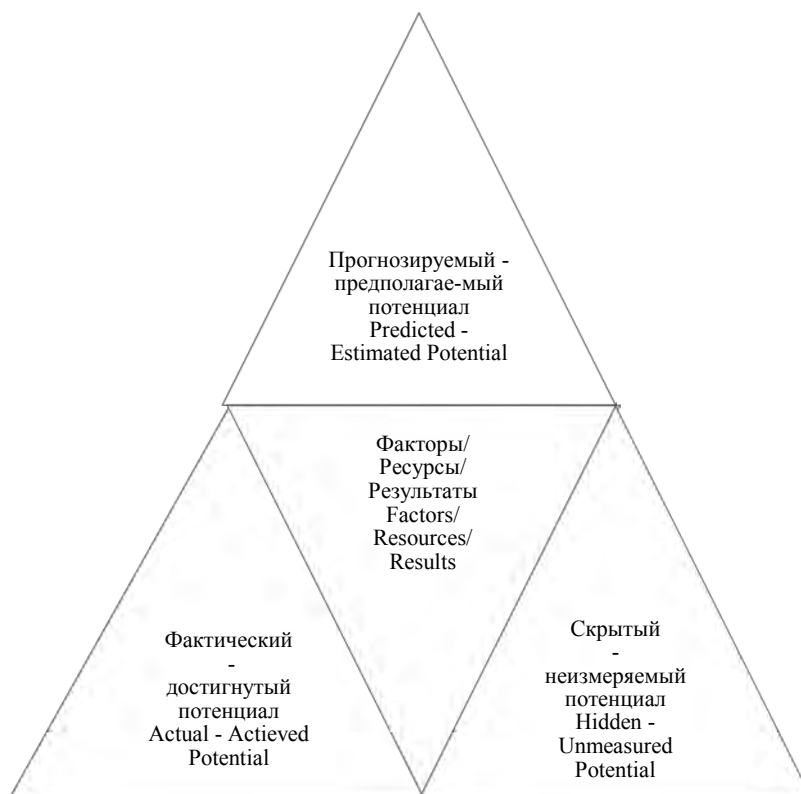


Рисунок 2. Расширенная схема воспроизводственного потенциала

Figure 2. Extended schema reproductive capacity

Развивая эти положения, мы выделяем следующие экономические возможности для развития корпораций в условиях финансового кризиса:

— увеличение количества клиентов. На фоне глобального кризиса многие неконкурентоспособные корпорации становятся банкротами, освобождая клиентов, поэтому более успешные предприниматели могут приобретать новых клиентов при условии использования правильной маркетинговой стратегии;

— корректировка ассортимента товаров, работ и услуг. Снижение спроса на дорогостоящую продукцию вынуждает менеджеров переходить на производство альтернативных, более дешевых товаров, спрос на которые будет значительно выше, чем на произведенные ранее;

— повышение спроса на продукцию в рамках импортозамещения и экспортоориентирования. В условиях нестабильности доллара и евро импортные товары становятся менее конкурентоспособными на российском рынке, а российские, наоборот, приобретают выгодное положение на иностранных. Поэтому отечественная продукция будет пользоваться повышенным спросом при условии сохранения качественных характеристик. Как следствие, будет происходить постепенное замещение импортных продуктов питания отечественными. В то же время необходимо защитить отечественных производителей от некачественных импортных товаров, продаваемых по низким ценам, например, с помощью пошлин и акцизов.

В рамках программ импортозамещения и экспортоориентирования при поддержке государства появляется возможность привлечения инвестиций, что позволит развивать систему НИОКР, создавать новые рабочие места, обеспечивать продовольственную безопасность страны,

высокий приоритет и защиту отдельным отраслям экономики, обеспечить активизацию внутреннего спроса:

— участие в интеграции (объединении). Формирование рыночных отношений в России, потеря устойчивости финансово-экономического положения многих корпораций обусловили необходимость поиска новых форм экономических отношений, обеспечивающих определенные устойчивые экономические процессы. Как и в развитых странах, одним из основных путей решения этой проблемы стало создание корпоративных объединений;

— оптимизация трудовых ресурсов. Руководство корпораций вынуждено уделять наибольшее внимание человеческим ресурсам в условиях ограниченности финансовых ресурсов: эффективные работники могут рассчитывать на сохранение или увеличение работы, а неэффективные – на сокращение. Таким образом, хозяйствующий субъект имеет возможность экономить и повышать эффективность использования ресурсов наряду с повышением заработной платы эффективным работникам. Это обеспечивает рост покупательной способности конкурентоспособных кадров, что порождает ответственность за результаты работы и привлекательность той или иной отрасли для профессионалов [10];

— снижение финансовых рисков за счет ранжирования контрагентов при заключении договоров. В ходе своей финансовой деятельности корпорации могут отказаться от заключения сделок с наибольшей степенью риска, выбирая благонадежных контрагентов. Это позволит организации избавиться от возможных потерь (рисунок 3).

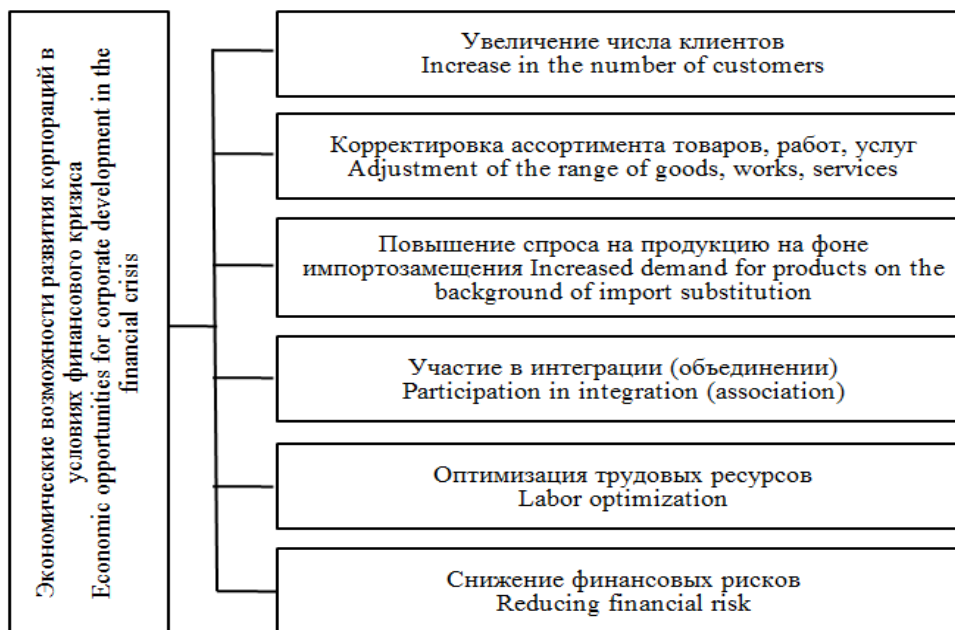


Рисунок 3. Развитие корпораций при финансовом кризисе [5]

Figure 3. The development of corporations in the financial crisis [5]

Заключение

При всех негативных аспектах финансового кризиса для функционирования экономики его можно рассматривать как стимул для поиска возможностей для развития и повышения эффективности корпоративного производства. С практической точки зрения использование возможностей каждой отдельной корпорации в условиях финансового кризиса должно основываться на прогнозировании надвигающихся угроз кризиса и устранении их, нивелировании

или использовании в интересах экономического роста. Перечисленные нами раскрывающиеся перспективы кризисов являются примером того, как негативные экономические факторы могут превратиться в возможности для развития коммерческих структур. При этом каждый хозяйствующий субъект должен разработать стратегию развития бизнеса и иметь мобильную финансовую политику, которая может быть адаптирована в кратчайшие сроки к нестабильным условиям, продиктованным кризисом.

ЛИТЕРАТУРА

1 Borchardt K. Changes in thinking about economic crises // Concept of crisis in today's thinking. Prague: Institute of Philosophy of the Czechoslovak Academy of Sciences, 1992. P. 94-113.

2 Koselleck R. Terminology: Studies on semantics and pragmatics of political and social language. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 2006.

3 Koselleck R. Some questions connected with the history of the crisis // Concept of crisis in today's thinking. Prague: Institute of Philosophy of the Czechoslovak Academy of Sciences, 1992. P. 47-57.

4 Ricoeur P. Is the crisis a phenomenon specifically modern? // Concept of crisis in today's thinking. Prague: Institute of Philosophy of the Czechoslovak Academy of Sciences, 1992. P. 29-46.

5 Zaporozhtseva L.A., Marysheva Y.V. Economic opportunities of development for agricultural enterprises in crisis conditions // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2016. V. 52. № 4. P. 59-64.

6 Губин В.А. О структуризации кризисных состояний экономической системы по признаку рациональности ее экономических интересов // Научный журнал КубГАУ. 2012. № 76. URL: <https://cyberleninka.ru/>

7 Лукашова М.А. Анализ понятия «кризис» как важной детерминанты антикризисного управления предприятием // Стратегия предприятия в контексте повышения его конкурентоспособности. 2017. № 6. С. 91-94.

8 Матвеев К.Ю., Матвеев Ю.В. Воспроизводство и потенциал России в условиях циклического развития экономики // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2010. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/>

9 Метелев А.Е., Метелев И.С. Теоретические основы гармонистического подхода в управлении финансовым кризисом предприятия: монография. Омск: Омский институт РГТЭУ филиал, 2010. 383 с.

10 Каширина М.Л., Загуменная Ю.С. Применение инновационных технологий в развитии логистики в кризисный период // Вестник ВГУИТ. 2016. № 2 (68). С. 346-349.

REFERENCES

1 Borchardt K. Changes in thinking about economic crises. Concept of crisis in today's thinking. Prague, Institute of Philosophy of the Czechoslovak Academy of Sciences, 1992. pp. 94-113.

2 Koselleck R. Terminology: Studies on semantics and pragmatics of political and social language. Frankfurt am Main, Suhrkamp, 2006.

3 Koselleck R. Some questions connected with the history of the crisis. Concept of crisis in today's thinking. Prague, Institute of Philosophy of the Czechoslovak Academy of Sciences, 1992. pp. 47-57.

4 Ricoeur P. Is the crisis a phenomenon specifically modern? Concept of crisis in today's thinking. Prague: Institute of Philosophy of the Czechoslovak Academy of Sciences, 1992. pp. 29-46.

5 Zaporozhtseva L.A., Marysheva Y.V. Economic opportunities of development for agricultural enterprises in crisis conditions. Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2016. vol. 52. no. 4. pp. 59-64.

6 Gubin V.A. On the structuring of the crisis states of the economic system on the basis of the rationality of its economic interests. *Nauchnyj zhurnal KubGAU* [Scientific journal KubSAU]. 2012. no. 76. Available at: <https://cyberleninka.ru/> (in Russian)

7 Lukashova M. Analysis of the concept of "crisis" as an important determinant of crisis management of an enterprise. *Strategiya predpriyatiya v kontekste povysheniya ego konkurentosposobnosti* [Strategy of the enterprise in the context of increasing its competitiveness]. 2017. no. 6. pp. 91-94. (in Russian)

8 Matveev K.Yu., Matveev Yu.V. Reproduction and potential of Russia in the conditions of cyclical development of the economy. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo social'no-ehkonomicheskogo universiteta* [Vestnik of Saratov State Socio-Economic University]. 2010. no. 4. Available at: <https://cyberleninka.ru/> (in Russian)

9 Metelev A.E., Metelev I.S. Teoreticheskie osnovy garmonisticheskogo podhoda v upravlenii finansovym krizisom predpriyatiya [Theoretical foundations of a harmonistic approach to managing the financial crisis of an enterprise]. Omsk, Omsk Institute RGTEU, 2010. 383 p. (in Russian)

10 Kashirina M.L., Zagumennaya YU.S. The use of innovative technologies in the development of logistics during the crisis period. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2016. no. 2 (68). pp. 346-349. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Александр В. Агибалов к.э.н., доцент, кафедра финансов и кредита, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, Воронеж, 394087, Россия, agi-64@mail.ru

Людмила А. Запорожцева д.э.н., профессор, кафедра финансов и кредита, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, Воронеж, 394087, Россия, ludan23@yandex.ru

Юлия В. Ткачева к.э.н., доцент, кафедра финансов и кредита, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, Воронеж, 394087, Россия, julchen19@yandex.ru

Юлия В. Марышева ассистент, кафедра финансов и кредита, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, Воронеж, 394087, Россия, serik-yuliya@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Александр В. Агибалов консультация в ходе исследования
Людмила А. Запорожцева обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Юлия В. Ткачева обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Юлия В. Марышева написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 01.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.08.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Alexander V. Agibalov Cand. Sci. (Econ.), associate professor, finance and credit department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter The Great, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, agi-64@mail.ru

Lyudmila A. Zaporozhtseva Dr. Sci. (Econ.), professor, finance and credit department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter The Great, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, ludan23@yandex.ru

Yuliya V. Tkacheva Cand. Sci. (Econ.), associate professor, finance and credit department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter The Great, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, julchen19@yandex.ru

Yuliya V. Marysheva assistant, finance and credit department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter The Great, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, serik-yuliya@yandex.ru

CONTRIBUTION

Alexander V. Agibalov consultation during the study

Lyudmila A. Zaporozhtseva review of the literature on an investigated problem

Yuliya V. Tkacheva review of the literature on an investigated problem

Yuliya V. Marysheva wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.1.2018

ACCEPTED 8.20.2018

Тенденции развития сферы услуг в России

Александр А. Гажур¹

Gazhur.AA@rea.ru

Ирина Н. Лукиянчук¹

Lukiyantchuk.IN@rea.ru

¹ Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, 117997, Россия

Реферат. В статье рассмотрена динамика развития сферы услуг в России в условиях, когда затянувшийся мировой экономический кризис ставит насущную проблему определения механизмов его преодоления. Экономическое значение сферы услуг объективно возрастает в фазе кризиса, так как она позволяет значительно расширить производство, делает возможным выравнивание уровня жизни. В статье показана применимость теории секторов в современных условиях со сдвигом в сторону доминирования сферы услуг. Отмечено также развитие четвертичного сектора. К нему относят информационные технологии, образование, научные исследования, банковские и финансовые услуги. Рост указанного сектора присущ высокоразвитой стране, т.к. связан с высококвалифицированными кадрами. Прослежена связь развития сферы услуг с доходами населения и степенью их дифференциации. Рост потребления, высокая доходность, быстрая окупаемость и инвестиционная привлекательность общественного питания, как одной из составляющих сферы услуг, делают его заметным инструментом расширения рынка услуг в сфере обслуживания населения. Показывается, что реструктуризация сферы услуг представляет собой ее системное преобразование, означающее увеличение доли высококачественной продукции с высокой добавленной стоимостью, проводимой на базе современных ресурсосберегающих и экологических технологий и имеющий спрос на внутреннем и мировом рынках. Чтобы не утратить позиций среди лидеров мировой экономики Россия сегодня должна развивать именно третичный и четвертичный сектора экономики ускоренными темпами. Указывается на позитивные тенденции, свидетельствующие о преодолении. последствия кризисных явлений в России. Например, отмечается рост индекса деловой активности (PMI), восстанавливается и начинает расти рынок стрит-фуда и фаст-фуда. Проявляются инновационные тенденции в формировании будущей структуры общественного питания: доставка еды дронами, оплата счетов в ресторанах биткоином, сенсорные терминалы самообслуживания, мобильные приложения для ресторанного ритейла и др. Для закрепления позитивных тенденций требуется и государственное регулирование развития сферы услуг.

Ключевые слова: сфера услуг, рост потребления, доходы населения, общественное питание, преодоление кризиса, уровень жизни населения, индекс деловой активности в сфере услуг

Trends of development of the sphere of services in Russia

Aleksandr A. Gazhur¹

Gazhur.AA@rea.ru

Irina N. Lukiyantchuk¹

Lukiyantchuk.IN@rea.ru

¹ Russian economic university of name G.V. Plekhanov, Stremyannoy pass, 36, Moscow, 117997, Russia

Summary. The article deals with the dynamics of development of the service sector in Russia in the conditions when the prolonged global economic crisis poses an urgent problem of determining the mechanisms of its overcoming. The economic importance of the service sector objectively increases in the phase of the crisis, as it allows to significantly expand production, makes it possible to equalize the standard of living. The article shows the applicability of the theory of sectors in modern conditions with a shift towards the dominance of the service sector. The development of the Quaternary sector was also noted. It includes information technology, education, research, banking and financial services. The growth of this sector is inherent in a highly developed country, because it is associated with highly qualified personnel. The connection between the development of services with the income of the population and the degree of their differentiation is traced. The growth of consumption, high profitability, fast payback and investment attractiveness of public catering as one of the components of the service sector make it a significant tool for expanding the market of services in the service sector. It is shown that the restructuring of the service sector is a systemic transformation, which means an increase in the share of high-quality products with high added value, carried out on the basis of modern resource-saving and environmentally friendly technologies and has a demand in the domestic and global markets. In order not to lose its position among the leaders of the world economy, Russia today must develop the tertiary and Quaternary sectors of the economy at an accelerated pace. Indicates positive trends, evidence of overcoming. the consequences of the crisis in Russia. For example, there is an increase in the business activity index (PMI), the market of street food and fast food is recovering and begins to grow. Appear innovative trends in shaping the future structure of public catering: the food delivery drones, paying bills in restaurants bitcoin, touchscreen kiosks, mobile apps for restaurant retail and etc. To consolidate the positive trends and required state regulation of development of sphere of services.

Keywords: sphere of services, incomes of population, public nutrition, overcoming crisis, standard of living of population, business index in the sphere of services

Введение

Современное общество стремится к постоянному улучшению условий и уровня жизни, которые может обеспечить только устойчивый экономический рост. Однако наблюдения показывают, что долговременный экономический рост постоянно прерывается

периодами экономической нестабильности и кризисами. Затянувшийся мировой экономический кризис ставит насущную проблему определения механизмов его преодоления. Экономическое значение сферы услуг объективно возрастает в фазе кризиса в силу того, что она позволяет значительно расширить производство,

Для цитирования

Гажур А.А., Лукиянчук И.Н. Тенденции развития сферы услуг в России // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 444–450. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-444-450

For citation

Gazhur A.A., Lukiyantchuk I.N. Trends of development of the sphere of services in Russia. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 444–450. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-444-450

делает возможным выравнивание уровня жизни, вовлекает в производство дополнительные материальные и финансовые ресурсы, создает новые рабочие места, развивает конкуренцию, приносит дополнительные бюджетные доходы. Опыт развитых стран показывает, что развитие сферы услуг в фазе экономического кризиса может дать толчок началу экономического роста страны. Поэтому столь существенным является усиление государственной поддержки в стимулировании развития сферы услуг для выхода российской экономики на траекторию ускоренного развития. Влияние этой сферы на экономическую или социальную жизнь общества обусловлено важнейшими функциями, которые она выполняет в системе общественного воспроизводства: политическими (формирование широкого слоя собственников); экономическими (увеличение ВВП, содействие плавной диверсификации экономики, увеличению объема и расширению ассортимента производимых товаров и услуг); социальными (получение дохода работниками, обеспечение занятости населения, особенно уязвимых ее слоев; увеличение свободного времени населения).

Основная часть

Вплоть до XX века сфера услуг вообще исключалась из сферы материального производства. Английский экономист Адам Смит указывал, что богатство общества зависит лишь от производительного труда (создания материальных благ). Впервые эта точка зрения о непроизводительности сферы услуг была использована марксистской политэкономией, а затем и советской статистикой. Развитые страны имели другой взгляд – сфера услуг создает основополагающие условия для материального производства, хотя и не производит непосредственно материальные блага. Поэтому в современной статистике, включая и российскую, сфера услуг рассматривается уже как полноценная часть производства.

В 1930–1940-е годы Аланом Фишером, Колином Кларком и Жаном Фурастье была разработана теория секторов, или структурных изменений. Основы разделения производительной экономики на первичный, вторичный и третичный сектора первым предложил экономист Колин Кларк (1905, Лондон, Великобритания – 1989, Брисбен, Австралия).

Первичный сектор. К нему относят добычу и производство сырья для основных продуктов питания. В него входят сельское хозяйство и добывающая промышленность.

Вторичный сектор. Включает все остальные отрасли промышленного производства и строительство.

Третичный сектор. Включает сферу услуг, образование и туристский бизнес.

В соответствии с теорией структурных изменений Фишера-Кларка по мере развития общества происходит смещение акцента развития с первичного сектора к вторичному, а затем и к третичному. Ученые считали, что это связано, прежде всего, с изменением характера потребительского спроса. С увеличением дохода на душу населения спрос на сельскохозяйственную продукцию снижается, на промышленную продукцию – сначала возрастает, а потом начинает падать, а вот на услуги – постоянно растет.

Ж. Фурастье развил идеи К. Кларка. В своей книге «Великая надежда XX века» он указал на связь экономического развития страны с тремя секторами и выдвинул идею, что государство со слаборазвитой экономикой зависит от первичного сектора, со средним развитием – от вторичного, а с развитой – от третичного. Фурастье полагал, что для того чтобы экономика страны стала развитой, в третичном секторе должно быть занято 70% трудоспособного населения, во вторичном – 20%, в первичном – 10%.

Переход индустриальных стран к экономике услуг произошёл уже в 50–70-е годы, когда сфера услуг стала доминировать над другими отраслями. Часто из третичной сферы экономики в современной теории выделяют четвертичную. К ней относят информационные технологии, образование, научные исследования, банковские и финансовые услуги. Указанный сектор – сфера интеллектуальной деятельности, присущ высокоразвитой стране, т. к. связан с высококвалифицированными кадрами. Понятие четвертичного сектора добавили к традиционной трехсекторной классификации К.Г. Кларка, но оно по сей день среди специалистов в области экономики является дискуссионным.

В мировой экономике наблюдается устойчивый рост доли сферы услуг в совокупном ВВП. Сейчас она составляет около 75% от его общего объема, существенно превышая долю сферы материального производства. Реструктуризация сферы услуг представляет собой преобразование ее структуры, проводимое на базе современных ресурсосберегающих и экологических технологий и имеющее спрос на внутреннем и мировом рынках. Высокотехнологичное наукоемкое производство служит основным источником инноваций в национальной экономике любой страны [1]. Такая ситуация характерна не только для экономически развитых

стран, но и для развивающихся. Повышенное внимание к этой области деятельности в современных экономических условиях России носит далеко не случайный характер. В то время когда наша страна ставила своей главной целью индустриализацию, промышленно развитые страны уже перешли к следующей стадии своего развития – построению экономики информации и услуг. В результате к концу XX века на смену индустриальному обществу экстенсивного типа пришло информационно-сервисное общество интенсивного типа развития. И для того чтобы не утратить позиций среди лидеров мировой экономики, Россия сегодня должна развивать именно третичный и четвертичный сектора экономики ускоренными темпами.

Анализ статистики ВВП показывает, что доля услуг, оказываемых населению, в общем объеме валового национального продукта России возрастает в последние годы значительными темпами. В 1990 году она составляла 32,6%, в 2002 году – 48,4%, в 2008 году – 55,3%, в 2016 – 61,5%.

Анализ тенденций развития сферы услуг за период 2010–2016 годов показывает и негативные тенденции, проявившиеся в развитии сферы услуг. Прежде всего, это замедление темпов прироста оказания платных услуг населению. С 2000 по 2010 годы прирост составил всего 1,5%. Начиная с 2010 года темпы прироста стали ещё меньше: если с 2010 по 2013 год темпы ежегодного прироста платных услуг населению в РФ составляли 3,3%, то в 2013 году – 2%, в 2014 году – 1%, а в 2015 году темп сокращения составил 1,1% к предыдущему году [3].

Ещё более явными становятся указанные негативные тенденции при анализе показателей объемов услуг на душу населения. При рассмотрении динамики услуг в стоимостной оценке в расчёте на душу населения налицо высокий рост: с 3410,4 р. в 2010 году до 5196,6 р. в 2013 году и 5896,6 р. в 2015 году. В то же время показатели индексов физического объема услуг свидетельствуют, что прирост незначителен, а с 2014 года темпы прироста существенно снизились: если в 2010 году индекс физического объема услуг составил к предшествующему году 102,9%, то в 2011 году – 101,4%, в 2012 году – 104,4%, в 2013 году – 105,1%, в 2014 году – 101,6%, а в 2015 году – только 101,1% [3]. Таким образом, налицо снижение темпов прироста услуг на душу населения в РФ за последние годы.

Весьма значительной является и дифференциация объемов услуг по регионам России: если в Центральном Федеральном округе

объём платных услуг 2692079 млн р., то в Приволжском – 1368556 млн р., Сибирском – 768602 млн р., Дальневосточном – 470791 млн р., а в Северо-Кавказском – 262076 млн р. [3].

Негативной является и структура предоставления услуг. Так, в 2015 году основная доля платных услуг приходится на коммунальные услуги – 21,1%, в то время как доля культурных – 2% [3]. Причём тенденция сохранения высокой доли коммунальных услуг весьма устойчива – она не изменяется с 2010 года.

Анализ оборотов общественного питания на душу населения с 1990 по 2015 год показывает, что по стоимостной оценке присутствует существенный рост: с 136 руб. (по фактически действовавшим ценам) в 1990 году до 573 р. в 2000 году, 5476 р. – в 2010 году и 8912 р. – в 2015 году. Однако с 2013 года существенно замедлились темпы роста оборота общественного питания на душу населения, а в 2014 году началось их сокращение на 1,2% к предшествующему году и усилилось до 5,6% сокращения в 2015 году [3].

Ещё более наглядно выявляется указанная тенденция при сопоставлении оборотов общественного питания с уровнем 1990 года: если в 2010 году оборот общественного питания составил 87,8% от 1990 года, то в 2015 году всего 77,2% [3]. Таким образом, начиная с 2013 года происходит устойчивое сокращение темпов оборота общественного питания на душу населения в РФ.

Одним из важнейших факторов воздействия сферы услуг на общественное воспроизводство является ее влияние на воспроизводство рабочей силы. Подавляющее большинство услуг оказывается в сфере малого предпринимательства. В 2015 году 33,1% предприятий общественного питания составляли предприятия малого бизнеса [3]. Причём их доля с 1990 года существенно возросла. Дальнейшее развитие отраслей сферы сервиса является одним из основных направлений увеличения занятости.

Анализ тенденций развития сферы услуг в РФ показывает достаточно тесную связь с динамикой доходов населения и их дифференциацией.

В современной рыночной экономике совершенно очевидна связь динамики доходов населения с развитием третичного сектора, имеющего ведущую роль в структуре занятости и создании ВВП [2].

Анализ реальных доходов населения РФ показывает, что если с 2001 по 2005 годы темп прироста доходов составлял 11,6%, то с 2006 по 2010 годы снизился до 7,2%, а с 2011 по 2015 годы составил всего 1,4%. Совершенно

очевидна тенденция снижения темпов прироста реальных доходов населения с 2006 года, усилившаяся в последние 2 года. За 2015 год реальные располагаемые доходы населения сократились на 3,4% [3].

Если сопоставить темпы роста (снижения) реальных располагаемых доходов населения и темпы роста (снижения) оборотов общественного питания на душу населения, а также темпы роста (снижения) предоставления реальных объемов платных услуг населению, то налицо тесная связь указанных показателей за период с 2000 по 2015 годы [3].

Налицо взаимное влияние процессов: сокращение третичного сектора ведёт к сокращению доходов, сокращение доходов влечёт за собой снижение общего уровня доходов и снижение объемов платных услуг населению. Получаем замкнутый цикл, ведущий к общему сокращению ВВП.

Ещё более сложным является влияние сокращения сферы услуг на расслоение личных доходов в обществе. Многочисленный «средний класс» становится важной социальной силой и основой стабильности современного общества.

Главная нацеленность среднего класса – стабильность. Он выступает главным проводником такого политического и экономического курса. Российский переход к рыночной экономике и интенсивный экономический подъём 2000–2007 годов обусловил повышение общего благосостояния российских граждан и сделал актуальным решение вопроса о создании такого среднего класса. По данным Росстата, в этот период доля самых бедных граждан постоянно сокращалась; доля россиян, имеющих минимальный уровень доходов, упал с 27,3% в 2000 году до 6,2% в 2004 году. Реальные располагаемые доходы росли до 2009 года, в 2008 году они составили 102,5% к 2007 году, а в 2009 году – 118,1% к 2008 году. Соотношение среднедушевых денежных доходов с величиной прожиточного минимума тоже динамично росло: 2000 год – 188,5%, 2005 год – 268,8%, 2006 год – 297,6%, 2007 год – 327,5%, 2008 год – 329,5%.

Однако за период после 2008 года ситуация существенно изменилась. Если в 2010 году доля населения с доходами ниже прожиточного минимума составляла 12,5%, то в 2015 году увеличилась до 13,3%. И при этом существенно изменились темпы «обеднения населения»: с 2000 по 2013 год они устойчиво снижались, а в 2014 году существенно возросли, и в 2015 году составили 117,7% к предшествующему году [3].

Наиболее тревожным является усиление процесса дифференциации доходов населения. Распределение населения по величине среднедушевых доходов свидетельствует, что доля низкодоходной части снизилась: в 2004 году была 12,3%, в 2008 году – 1,0%, в 2015 году она возросла до 5,3%, доля высокодоходной части практически неизменна. Налицо сокращение населения со средним уровнем доходов [3].

Если коэффициент фондов составлял в 1999 году 13,95, то в 2002 году – 14, в 2004 году – уже 14,9, а к 2015 г. возрос до 15,7 [3]. Пороговым же значением данного коэффициента для РФ считается величина 13,2, в развитых странах составляет – 7. Можно сделать вывод о существенном усилении такого процесса, как дифференциация доходов населения.

Однако, судя по индексу деловой активности (PMI) последствия кризисных явлений в России преодолеваются. Индекс деловой активности (PMI), в сфере услуг России в феврале 2018 года поднялся до отметки 56,5 пункта против 55,1 пункта месяцем ранее, сообщается в исследовании аналитического агентства IHS Markit. Российская сфера услуг показала дальнейший существенный рост деловой активности в середине первого квартала. Кроме того, несмотря на замедление роста в обрабатывающих отраслях, совокупный индекс объемов производства IHS Markit повысился на фоне значительного расширения активности в частном секторе в целом. Отмечается, что резкий рост новых заказов в сфере услуг привел к максимальному усилению роста занятости в секторе с 2012 года.

При оценке возможности развития сферы услуг существенным является анализ такой крупной составляющей, как общественное питание. Экономические предпосылки, стимулирующие развитие ресторанного бизнеса на рынке услуг, заключаются, в первую очередь, в низкой капиталоемкости становления предприятий, высокой оборачиваемости капитала, регулярности спроса на продукцию и услуги данных предприятий. Перечисленные предпосылки способствуют активизации предпринимательской деятельности в данном сегменте рынка, который представлен широкой сетью предприятий питания разнообразных типов с преобладанием частного, акционерного и смешанного капитала [6]. Рост потребления, высокая доходность, быстрая окупаемость и инвестиционная привлекательность делают его заметным инструментом расширения рынка услуг в сфере обслуживания населения.

В 2017 году валовой внутренний продукт составил по оценке Росстата «О производстве и использовании валового внутреннего продукта (ВВП) за 2017 год» 92081,9 млрд р. При этом долю услуг в ВВП можно оценить в 60%. В ней примерно четверть приходится на общественное питание, роль которого возрастает в связи с потребностью как в сокращении длительности единичного посещения, так и с ростом предлагаемых сервисов и новых продуктов. И это несмотря на некоторое снижение заработной платы [1].

По ценовой политике (размеру среднего чека) рынок общественного питания разделяют на пять основных сегментов: StreetFood (со средним чеком 100 р.), FastFood / QSR) (со средним чеком 250 р.), Quick&Casual / FastCasual (со средним чеком 600 р.), Casual Dining (со средним чеком 500–1000 р.), Fine Dining (со средним чеком свыше 1000 р.). Среди этого набора наибольшие перспективы роста имеются у низшего и среднего сегментов рынка.

Например, по результатам исследования тенденций на российском рынке стрит-фуда и фаст-фуда Аналитическим агентством РБК «Российский рынок быстрого питания (фаст-фуда) 2017» делается вывод о начале восстановления рынка в 2017 году на основании опросов руководителей около 50 ведущих сетевых фаст-фуд ресторанов. Отмечается рост количества сетевых ресторанов, кафе и баров, работающих в России. Кроме того, имеет место определенное изменение в структуре покупательских запросов. Так, выросло количество интернет-запросов относительно скидок и акций в ресторанах, что косвенно характеризует рост потребительской активности.

Вырос объем рынка стрит-фуд ресторанов в России. Это объясняется тем, что большую часть потребителей составляют люди с относительно невысокими доходами от 20 до 40 тыс. р. По данным исследовательской компании NPD увеличилось количество ресторанов fast-casual и free-flow сетей. Обычно fast-casual имеет сетевой формат, но распространен и франчайзинг. Fast-casual в первом квартале 2017 года вырос по совокупным затратам посетителей на 42%. Фаст-фуд занимает 43% рынка, а увеличение здесь составило 9%. Средний чек в fast-casual сопоставим с заведениями быстрого питания – 250–270 р. Речь идет о бургерных #Farsh, столовых типа «Обед-буфет», кулинариях типа «Братья Караваевы», а также «Ёлки-палки» и пр. Развиваются и сети free-flow, такие, как «Грабли» и «Му-Му». Растет число пекарен [2, 3].

В Москве и Санкт-Петербурге на данный момент находится до половины всех сетевых ресторанов России, хотя число жителей составляет 12% от населения страны. Таким образом, развитие ожидается по всей стране именно в секторе быстрого питания, ориентирующегося на средний класс и предлагающего ассортимент блюд, доступных по цене среднестатистическому клиенту [4].

Постоянное развитие процессов и аппаратов, используемых в пищевой промышленности, также вносит свою лепту в рост отрасли. Нельзя не отметить появление инновационных способов непосредственного приготовления продуктов на предприятиях общественного питания, таких, как методы нано-кухни, пищевая 3D – печать и других [5]. Интересны и теплан-шоу, когда на глазах у клиента теплан-повар создает фирменное блюдо или рядом с поваром на кухне устанавливают камеру для показа процесса заказчику. В ходу уже и электронные меню, позволяющие выбрать из карты вин заведения вино по цене, году, региону, блюду к нему, подсчитать его калорийность, сразу получить чек заказа и др. Также бурно растет число предприятий, нацеленных на здоровое и диетическое питание, причем велик спрос на такое питание у молодежи.

Кроме того, согласно определению ГОСТ Р 50647–2010 общественное питание – это «самостоятельная отрасль экономики, состоящая из предприятий различных форм собственности и организационно-управленческой структуры, организующая питание населения, а также производство и реализацию готовой продукции и полуфабрикатов как на предприятии общественного питания, так и вне его, с возможностью оказания широкого перечня услуг по организации досуга и других дополнительных услуг». То есть рынок общественного питания нацелен сразу на два базовых вида услуг: организацию питания и проведение досуга. На расширение досуговых услуг направлены многие нововведения в данном виде бизнеса.

Основной возрастной категорией населения, посещающей заведения общественного питания, являются молодые люди 18–24 лет. В Москве и Санкт-Петербурге предприятия общественного питания посещает половина респондентов. Из опроса РБК.research следует, что основную долю посетителей представляют несемейные и не имеющие детей.

Отметим, что доля затрат на общественное питание в России невелика относительно стран ЕС и США. В семейном бюджете она составляет около 10% против, например, 50% в США.

За рубежом ежегодный прирост рынка составляет 1–3%. Это значит, что рынок общественного питания в России недооценен и способен выйти на ежегодный рост до 10%. И это невзирая на то, что по данным справочника банкротств "Дан энд Брэдстрит", ресторанный бизнес занимает четвертое место после магазинов, торгующих одеждой, мебелью и фотоматериалами. Например, в Евросоюзе из 100 новых предприятий через два года остается 45.

Также надо отметить, что реализация федеральной целевой программы «Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации (2011–2016 годы)» и повышение уровня развития туристской инфраструктуры (к которой относятся и предприятия общественного питания) является одним из факторов ожидаемого роста отрасли [7].

К ожидаемым инновационным тенденциям развития рынка общественного питания можно

отнести появление доставки еды с помощью летающих дронов, оплату счетов в ресторанах биткоинами, сенсорные терминалы самообслуживания, мобильные приложения для ресторанного ритейла и др. [8–12].

В целом необходимо отметить, что как существенная составляющая сферы услуг рынок общественного питания имеет несомненные тенденции к стабильному и продолжительному росту.

Заключение

Представленный анализ показывает, что сфера услуг имеет огромную социально-экономическую значимость для повышения качества жизни населения и требует внимания к ней со стороны государства. Это должно выражаться, в первую очередь, в государственном регулировании развития сферы услуг.

ЛИТЕРАТУРА

1 Национальная Ассоциация нефтегазового сервиса. URL: <https://nangs.org/analytics/rosstat-o-proizvodstve-i-ispolzovanii-valovogo-vnutrennego-produkta-vvp-za-2017-god>

2 Fast-food vs Fast-casual: кто будет диктовать моду завтра. URL: <https://news.bbport.ru/news/show/Fast-food-vs-Fast-casual-kto-budet-diktovati-modu-zavtra/>

3 Фри-фло: новый русский общепит. URL: https://franshiza.ru/analitika/read/free_flo_new_russian_obschepit/

4 Хоменко Д.В. Влияние финансовой устойчивости организаций на состояние развития сферы общественного питания в России // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 2. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/02/63132>

5 Гажур А.А., Васильева И.В., Науменков А.Д. Экологические эксклюзивные 3-D блюда в спортивном питании // В сборнике: Современные инновационные технологии в экономике, науке, образовании материалы Первой Международной научно-практической конференции. 2017. С. 364–379.

6 Лукиничук И.Н. Проблемы общественного питания в России и перспективы его развития // Сборник материалов Первой Международной научно-практической конференции «Траектория развития». 2017. С. 248–255.

7 Обзор рынка общественного питания. URL: <https://www.openbusiness.ru/biz/business/obzor-rynka-obshchestvennogo-pitaniya/>

8 Shkurkin D.V. et al. Modernization of the sphere of tourist and hospitality industry of the south of Russia as a growth factor of socio-economic stability of the region // International Journal of Economics and Financial Issues. 2016. V. 6. №. 1S. P. 101–106.

9 Svyataya E.O. Peculiarities of hotel services sphere development in the conditions of crisis phenomena in the economy: regional aspect // Economics and Entrepreneurship. 2015. №. 12-2. P. 435–438.

10 Tatuev A.A., Lyapuntsova E.V., Kiseleva N.N., Rokotyanskaya V.V. et al. Need of the market principles of development of the economic relations for the sphere of educational services // The Social Sciences. 2016. №11(10). P. 2515–2521.

11 Volkova M.A., Sitdikova L.B., Starodumova S.J., Shilovskaya A.L. Legal problems of the information services implementation in Russian civil law // Review of European Studies. 2015. № 7(6). P. 273.

12 Song D.H., Son C.Y. Comparing the public sphere in social networking services during a period of political upheaval: The three news channels' Facebook accounts in the 2016 South Korean Presidential scandal // International Journal of Digital Television. 2017. V. 8. №. 3. P. 351–366.

13 Хорев А.И. Факторы и инструменты управления организационным бизнес-развитием: монография. Воронеж, 2009. 206 с.

14 Хорев А.И., Морковина С.С., Соколинская Ю.М. Факторы кризисного развития малого предпринимательства // Вестник ВГУИТ. 2015. № 1 (63). С. 223–228.

REFERENCES

1 Natsionalnaia Assotsiatsiia neftegazovogo servisa [The national Association of oil and gas services] Available at: <https://nangs.org/analytics/rosstat-o-proizvodstve-i-ispolzovanii-valovogo-vnutrennego-produkta-vvp-za-2017-god> (in Russian)

2 Fast-food vs Fast-casual kto budet diktovat modu zavtra [Fast-food vs. Fast-casual: who will dictate the fashion of tomorrow] Available at: <https://news.bbport.ru/news/show/Fast-food-vs-Fast-casual-kto-budet-diktovati-modu-zavtra/> (in Russian)

3 Fri-flo novyi russkii obschepit [Free-Flo: new Russian catering] Available at: https://franshiza.ru/analitika/read/free_flo_new_russian_obschepit/ (in Russian)

4 Khomenko D.V. Influence of financial stability of organizations on the state of development of public catering in Russia. *Sovremennye nauchnye issledovaniia i innovatsii* [Modern research and innovation] 2016. no. 2. Available at: <http://web.snauka.ru/issues/2016/02/63132> (in Russian)

5 Gazhur A.A., Vasilyeva I.V., Naumenkov A.D. Ecological exclusive 3 d dishes in sports nutrition. *Sovremennye innovatsionnye tekhnologii v ekonomike nauke obrazovanii materialy Pervoi Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [In the collection: Modern innovative technologies in Economics, science, education materials of the First International scientific-practical conference]. 2017. pp. 364-379. (in Russian)

6 Lukiyanichuk I.N. Problems of public catering in Russia and prospects of its development. *Traektoriia razvitiia* [Proceedings Of the First International scientific and practical conference «Trajectory of development»]. 2017. pp. 248-255. (in Russian)

7 Obzor rynka obshchestvennogo pitaniia [Overview of the market catering]. Available at: <https://www.openbusiness.ru/biz/business/obzor-rynka-obshchestvennogo-pitaniia/> (in Russian)

8 Shkurkin D.V. et al. Modernization of the sphere of tourist and hospitality industry of the south of Russia as a growth factor of socio-economic stability of the region. *International Journal of Economics and Financial Issues*. 2016. vol. 6. no. 1S. pp. 101-106.

9 Svyataya E.O. Peculiarities of hotel services sphere development in the conditions of crisis phenomena

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Александр А. Гажур д.т.н., профессор, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, 117997, Россия, Gazhur.AA@rea.ru

Ирина Н. Лукиничук к.т.н., доцент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, 117997, Россия, Lukiyanichuk.IN@rea.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Александр А. Гажур консультация в ходе исследования

Ирина Н. Лукиничук написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 07.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.05.2018

in the economy: regional aspect. *Economics and Entrepreneurship*. 2015. no. 12-2. pp. 435-438.

10 Tatuev A.A., Lyapunsova E.V., Kiseleva N.N., Rokotyanskaya V.V. et al. Need of the market principles of development of the economic relations for the sphere of educational services. *The Social Sciences*. 2016. no.11(10). pp. 2515-2521.

11 Volkova M.A., Sitdikova L.B., Starodumova S.J., Shilovskaya A.L. Legal problems of the information services implementation in Russian civil law. *Review of European Studies*, 2015. no. 7(6). pp. 273.

12 Song D.H., Son C.Y. Comparing the public sphere in social networking services during a period of political upheaval: The three news channels' Facebook accounts in the 2016 South Korean Presidential scandal. *International Journal of Digital Television*. 2017. vol. 8. no. 3. pp. 351-366.

13 Horev A.I. Faktory i instrumenty upravleniya organizatsionnym biznes-razvitiem [Factors and tools for managing organizational business development]. *Voronezh*, 2009. 206 p. (in Russian)

14 Horev A.I., Morkovina S.S., Sokolinskaya Yu.M. Factors of the crisis development of small business. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2015. no. 1 (63). pp. 223-228. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Aleksandr A. Gazhur Dr. Sci. (Engin.), professor, restaurant business department, Russian economic university of name G.V. Plekhanov, Stremyannoy pass, 36, Moscow, 117997, Russia, Gazhur.AA@rea.ru

Irina N. Lukiyanichuk Cand. Sci. (Engin.), associate professor, restaurant business department, Russian economic university of name G.V. Plekhanov, Stremyannoy pass, 36, Moscow, 117997, Russia, Lukiyanichuk.IN@rea.ru

CONTRIBUTION

Aleksandr A. Gazhur consultation during the study

Irina N. Lukiyanichuk wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.7.2018

ACCEPTED 5.18.2018

Анализ человеческого капитала в регионе как источника процесса импортозамещения

Наталья А. Азарова	¹	azarovarsd@rambler.ru
Анна Ю. Небесная	¹	an-nebesnaya@yandex.ru
Андрей С. Свиридов	²	sviridov2010@mail.ru
Людмила Э. Глаголева	³	milaprofi@mail.ru

¹ Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, ул. Тимирязева, 8, Воронеж, 394087, Россия

² Воронежский филиал Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, Ленинский пр-т, 174д, Воронеж, 394033, Россия

³ Воронежский государственный университет инженерных технологий, ул. Сакко и Ванцетти 72, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. В качестве основы роста современной экономики России рассмотрели показатель «человеческий капитал региона». Актуализация современной политики импортозамещения, вызванная западными санкциями против России, и целевой рост производительности труда обусловили особую значимость показателя «человеческий капитал» для регионов центральной части России. Авторами сделан экскурс в исторический период и международный аспект исследования данного показателя. В статье сделан вывод о том, что ценность человеческого капитала определяется ценностями трудовых ресурсов. Проанализирована общая численность трудовых ресурсов Воронежской области, численность занятого трудоспособного населения в разделение на группы (подростки, люди предпенсионного возраста, мигранты и т.д.). Выявлены группы и численность экономически активного населения, основные тенденции увеличения реальных доходов населения в Воронежской области. Сформулирован прогноз рынка труда в виде выявленных тенденций сокращения основной составляющей трудовых ресурсов: численности трудоспособного населения в трудоспособном возрасте из числа занятых граждан старшего трудоспособного возраста и иностранных трудовых мигрантов, что обеспечит некоторую компенсацию потерь численности трудовых ресурсов. По итогам исследуемого периода в социальной сфере были выявлены тенденции улучшения ряда показателей и составлен прогноз развития человеческого капитала региона и его стимулирования со стороны государства. Авторами предложены мероприятия, направленные на улучшение качества человеческого капитала региона как основного ресурса роста экономики в рамках стратегии импортозамещения.

Ключевые слова: человеческий капитал, рынок труда, регион, импортозамещение, трудовые ресурсы, занятость, безработица

Analysis of human capital in the region as a source of import substitution

Natalya A. Azarova	¹	azarovarsd@rambler.ru
Anna Yu. Nebesnaya	¹	an-nebesnaya@yandex.ru
Andrey S. Sviridov	²	sviridov2010@mail.ru
Lyudmila E. Glagoleva	³	milaprofi@mail.ru

¹ Voronezh state university of forestry and technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev Av., 8, Voronezh, 394087, Russia

² State university of sea and river fleet of a name of the admiral S. O. Makarov (Voronezh branch), Leninsky av., 174 L., Voronezh, 394033, Russia

³ Voronezh state university of engineering, Sacco and Vancetti St., 72, Voronezh, 394036, Russia

Summary. As a basis for the growth of the modern Russian economy, we considered the indicator “human capital of the region”. The actualization of the modern import substitution policy, caused by Western sanctions against Russia, and the targeted growth in labor productivity have led to the special importance of the “human capital” indicator for the regions of the central part of Russia. The authors made an excursion into the historical period and the international aspect of the study of this indicator. The article concludes that the value of human capital is determined by the values of labor resources. The total number of labor resources in the Voronezh region, the number of the employed able-bodied population in the division into groups (adolescents, people of pre-retirement age, migrants, etc.) are analyzed. The groups and the number of economically active population, the main trends of increasing real incomes of the population in the Voronezh region are identified. The forecast of the labor market is formulated in the form of identified trends in the reduction of the main component of labor resources: the number of able-bodied working-age population from among the employed citizens of older working-age and foreign labor migrants, which will provide some compensation for losses in the number of labor resources. According to the results of the study period, in the social sphere, trends were identified to improve a number of indicators and a forecast was prepared for the development of human capital in the region and its stimulation by the state.

Keywords: human capital, labor market, region, import substitution, manpower, employment, unemployment

Для цитирования

Азарова Н.А., Небесная А.Ю., Свиридов А.С., Глаголева Л.Э. Анализ человеческого капитала в регионе как источника процесса импортозамещения // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 451–457. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-451-457

For citation

Azarova N.A., Nebesnaya A.Yu., Sviridov A.S., Glagoleva L.E. Analysis of human capital in the region as a source of import substitution. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 451–457. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-451-457

Введение

Целью регулирования социально-трудовых отношений и развития человеческого капитала является создание социального государства, которое обеспечивает максимальную занятость и реализованность всех трудовых функций у каждого члена общества. Реализация статуса социального государства предполагает определенные направления развития человеческого капитала в рамках социально-трудовых отношений и их законодательного закрепления. Социально-трудовые отношения являются отражением развития любого современного общества в целом и развития региона в частности. Нестабильность функционирования этих элементов проявляются в забастовках и стихийных выступлениях, которые дестабилизируют общество и вызывают потерю валового внутреннего продукта. Для регулирования этих отношений необходима возрастающая роль государства. Однако для государства регулирование этого процесса вызывает определенные трудности в отличие от возможности регулирования финансовых или материальных ресурсов экономики.

Результаты и обсуждение

Исследование формирования человеческого капитала и расчет эффективности затрат на его развитие в целях повышения производительности труда традиционно являлось первоочередной задачей в развитии каждого региона [10]. Особенно эти исследования стали актуальны в связи с политикой импортозамещения, вызванной западными санкциями против России. Процесс импортозамещения в регионе представляет собой особый тип экономической стратегии и промышленной политики, направленный на защиту внутреннего производителя путем замещения импортируемых промышленных товаров товарами национального производства [4]. В этой связи особую роль в исследованиях играет проблема решения рационального использования человеческого капитала как непосредственного источника процесса импортозамещения в регионе. Для решения задач данного исследования обратимся к теории эволюции человеческого капитала. Человеческий капитал – это совокупность знаний, умений, навыков, используемых для удовлетворения многообразных потребностей человека и общества в целом [6].

В средние века стоимость человеческого капитала была дешевле любого скота. Исторически в регионах ценились земли и их плодородие. Потом, с усложнением средств производства, человеческий капитал стал наращивать свою ценность в части квалифицированных рабочих.

Именно поэтому появление основных исследований в теории человеческого капитала можно отнести к эпохе зарождения капитализма. Теория человеческого капитала изучена У. Пети. Он первым из исследователей изучил стоимость человеческого капитала, под которым он понимал «как самого человека, так и его полезные свойства», и включил в состав богатства региона не только землю и капитал, но и людей, которые создают этот доход. Предпосылки к разработке теории человеческого капитала были заложены в трудах ученых-экономистов А. Смита, Д. Рикардо, К. Маркса и других, которые положили начало научному исследованию человеческого капитала [1]. Окончательно теория человеческого капитала сформировалась на рубеже 50–60-х годов XX века благодаря исследованиям известных американских экономистов Т. Шульца и Г. Беккера. Т. Шульц впервые использовал термин «человеческий капитал», под которым подразумевал совокупность инвестиций в человека, повышающих его способность к труду [1]. Для России основным направлением совершенствования социально-трудовых отношений является формирование государственных целевых программ социально-экономического развития человеческого капитала, которые бы предполагали решение конкретных проблем в сфере труда и занятости. Регулирование рынка труда и занятости представляет собой процесс воздействия на трудовую сферу развития человеческого капитала [1]. В настоящее время реализация мероприятий долгосрочных целевых областных и региональных программ труда и занятости населения осуществляется в рамках реализации государственных программ и процесса реализации программно-целевых принципов расходования средств областного бюджета, что обеспечивает повышение их результативности и эффективности. Использование государственных целевых программ в качестве инструмента программно-целевого управления человеческим капиталом позволяет решать проблемы социально-экономического развития регионов комплексно, способствует развитию государственно-частного партнерства в ходе развития программ занятости населения.

В настоящее время среди необходимых и достаточных факторов роста ВВП в качестве первичного фактора выделяют уровень накопленного регионального человеческого капитала. Ценность человеческого капитала определяется ценностями трудовых ресурсов. В своем исследовании формирования и развития человеческого капитала отметим, что передовые страны (США, Великобритания, Франция, Германия, Япония и др.) в течение длительного времени

сформировали так называемую «экономику знаний», в результате которой основной поток инвестиций направлен на развитие, рост стоимости и качества человеческого капитала. В этих странах человеческий капитал уже в конце XX века составил, по оценкам экспертов Всемирного банка, около 80% национального богатства. Инвестиции в человеческий капитал в США уже в 2000 году примерно втрое превышали производственные инвестиции. В России, по этим же оценкам, национальный человеческий капитал (30 трлн долларов) составлял в то время 50% национального богатства и был примерно равен природному капиталу (24 трлн долларов) [1]. Замещение в составе национального богатства физического капитала человеческим в его стоимостной оценке – основная тенденция постиндустриальных обществ и экономик. В России же доля вложений в человеческий капитал за последние 20 лет в национальном богатстве падала. Причина этого падения – резкое снижение инвестиций в человеческий капитал и долгосрочный кризис в стране. В связи с политическими санкциями государством была выбрана политика импортозамещения, которая обусловила усиление значимости и роли человеческого капитала в экономике регионов, и страны в целом. В связи с этим в настоящее время основной

задачей стало изучение факторов развития человеческого капитала региона как современной основы развития экономики России.

Для изучения перспектив развития человеческого капитала региона проанализируем общую численность трудовых ресурсов Воронежской области. В среднем за 2016 год ее размер составлял 1390,7 тыс. человек, или 59,5% от общей численности населения области. Основную долю трудовых ресурсов (91,1%) занимает трудоспособное население в трудоспособном возрасте, на долю пенсионеров и подростков, занятых в экономике области, приходится 7,9 и 1,0% составляют иностранные трудовые мигранты. За 2016 год трудовые ресурсы области сократились на 20,7 тыс. человек. При этом численность занятого трудоспособного населения сократилась (на 17,7 тыс. человек, или на 1,4%) при одновременном значительном сокращении численности внешних трудовых мигрантов, занятых в экономике региона (с 18,6 тыс. чел. в 2015 году до 13,5 тыс. чел., или на 27,4%), и значительном росте числа занятых граждан старше трудоспособного возраста с 105,9 тыс. человек до 108 тыс. человек (на 2,1 тыс. чел. или на 2%) [5]. Ситуация в сфере занятости населения и на рынке труда во многом формируется под влиянием демографических процессов.

Таблица 1.

Численность экономически активного населения, тыс. человек

Table 1.

Number of economically active population, thousand people

Показатели Indicators	2011	2012	2013	2014	2015
Экономически активное население – всего: Economically active population – total:	1171.7	1164.4	1154.1	1160.8	1162.1
мужчины men	603.1	600.4	602.5	602.8	607.4
женщины women	568.6	564.0	551.6	558.0	554.7
в том числе: among them:					
занятые в экономике – всего: employed in the economy-total:	1096.1	1099.8	1100.0	1108.1	1110.1
мужчины men	559.3	562.9	573.0	572.9	581.0
женщины women	536.8	536.9	527.0	535.2	529.1
безработные – всего: unemployed-total:	75.6	64.6	54.1	52.7	52.0
мужчины men	43.8	37.5	29.4	29.9	26.4
женщины women	31.8	27.1	24.7	22.8	25.6
Безработные, зарегистрированные в государственных учреждениях службы занятости населения: Unemployed persons registered at state establishments of Federal employment services:	18.0	13.0	11.1	11.2	12.9
мужчины men	7.7	5.3	4.7	5.1	5.8
женщины women	10.3	7.7	6.4	6.1	7.1

В прогнозном периоде (в 2018–2020 годах) предполагаем, что будет происходить системное сокращение основной составляющей трудовых ресурсов: численности трудоспособного населения в трудоспособном возрасте, связанное с резким снижением уровня рождаемости с начала 90-х годов.

В период с 2018 по 2020 год и далее сокращение численности трудоспособного населения может составить более 40 тыс. человек, или 3,2%. И одновременно прогнозируется некоторый рост числа занятых граждан старшего трудоспособного возраста и рост числа иностранных трудовых мигрантов, что обеспечит

некоторую компенсацию потерь численности трудовых ресурсов от сокращения числа граждан трудоспособного возраста. В условиях демографических ограничений ухудшение экономической ситуации в меньшей степени отразится на состоянии рынка труда, в том числе за счет частичной компенсации сокращения трудовых ресурсов некоторым увеличением экономической активности в отдельных возрастах (в том числе населения околопенсионного возраста).

Численность рабочей силы (экономически активного населения) в области за 2017 год оценивается в 1172,7 тыс. человек, или ростом к уровню предыдущего года на 7,7 тыс. человек (на 0,1%). В 2020 году по прогнозу рабочая сила области составит 1169 тыс. человек. В плановом периоде дефицита трудовых ресурсов не прогнозируется, однако рост демографической нагрузки на трудоспособное население со стороны лиц старшего трудоспособного возраста продолжится [5].

Основную долю трудовых ресурсов области – около 78,7% составляют занятые в экономике; обучающиеся с отрывом от производства составляют 7,2%; население, не занятое в экономике региона, включая военнослужащих, российских граждан, работающих за границей, безработных, домохозяек и прочие категории трудоспособного населения – 14%.

Ситуация на рынке труда области в 2016–2017 годах характеризовалась как стабильная. Общая численность занятого населения в среднем за 2016 год составила 1094,8 тыс. человек [3]. В течение года обеспечивалась относительная стабильность числа безработных граждан.

Число безработных на региональном рынке труда в среднегодовом исчислении в 2017 году оценивалось в 52,2 тыс. человек (4,47% экономически активного населения), численность зарегистрированных безработных – в 11,69 тыс. чел. (1,0%). Уровень зарегистрированной безработицы прогнозируется в ближайший период без изменений на уровне 1,0%, численность зарегистрированных безработных будет колебаться в пределах 11,68–11,9 тыс. человек.

Неблагоприятные демографические тенденции, с одной стороны, и уверенное восстановление экономической активности, с другой, продолжат оказывать давление на рынок труда. Возможным будет в этих условиях снижение уровня безработицы с 4,4% в 2018 году до 4,3% в 2020 году.

В среднесрочной перспективе, на основе демографических ограничений, прогнозируется некоторое сокращение численности занятого населения. По прогнозу в 2020 году число

занятых составит 1090,9 тыс. человек, или 99,7% к уровню оценки 2017 года. Одновременно планируется сокращение численности работников организаций региона. По прогнозу в 2020 году численность работников организаций составит 689,9 тыс. человек, или 99,6% уровню оценки 2017 года. Реальные денежные доходы (номинальные доходы, скорректированные на индекс потребительских цен) в 2015 году уменьшились по сравнению с 2014 годом. Однако среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников в регионе в 2015 году составила 25171,81 рубля, что на 4,8% выше, чем в 2014 году. В целях восстановления динамики роста реального содержания доходов населения области была разработана «дорожная карта» по увеличению реальных доходов населения в Воронежской области на 2017–2019 годы, включающая дополнительные мероприятия по обеспечению системного мониторинга доходов населения; совершенствованию системы оплаты труда; повышению эффективности производства в отраслях экономики области; развитию малого и среднего предпринимательства и повышению доходов работающих в малом бизнесе; содействию росту доходов семей с детьми; развитию регионального рынка труда и другие.

В 2017–2018 годах в регионе наблюдается возобновление темпов роста реальной и номинальной заработной платы. Оценочное значение величины номинальной начисленной среднемесячной заработной платы увеличено на 0,3 тыс. рублей (с 27,9 до 28,2 тыс. рублей), что обусловлено рядом факторов. По предварительной оценке темп роста оплаты труда работников в 2017 году в регионе сложился чуть выше среднероссийского уровня и составил 107,1% (по РФ – 107%) [3].

Так, с 1 октября 2017 года осуществлено повышение заработной платы работникам бюджетной сферы в соответствии с «майскими» указами Президента, что вызвало повышение заработной платы у таких категорий, как врачи – до 180% среднемесячного дохода от трудовой деятельности, среднего медперсонала и работников учреждений культуры – до 90% среднемесячного дохода, младшего медперсонала и социальных работников – до 80% среднемесячного дохода от трудовой деятельности. Повышение заработной платы в бюджетном секторе оказало положительное влияние на увеличение заработной платы и в корпоративном секторе. Поддержка бюджетного сектора, а также решение, принятое

на федеральном уровне по увеличению минимального размера оплаты труда до величины прожиточного минимума, оказали в целом положительное влияние на общую динамику заработной платы. Росту реальной заработной платы с 99,1% в 2016 году до 103,3% в 2017 году способствовало снижение инфляционного напряжения. В дальнейшем, по мере улучшения экономической ситуации, реальная заработная плата начнет расти и в 2019 году превысит докризисный уровень 2014 года на 2,3%.

По итогам 2017 года в социальной сфере был улучшен ряд показателей и составлен прогноз улучшений развития человеческого капитала региона и его стимулирования со стороны государства.

1. Среднемесячная начисленная заработная плата за 2017 год увеличилась на 7,1% (по РФ – 7%) и составила 28,2 тысяч рублей. В реальном исчислении рост оплаты труда составил 103,3%. Рост отмечается в сельском хозяйстве (на 10%), в обрабатывающих производствах (на 8%), в добыче полезных ископаемых (на 4,4%), оптовой и розничной торговле (на 10,2%), здравоохранении (на 5,7%), образовании (на 3,5%) [5].

Рост заработной платы в целом по области обеспечивается выполнением в 2017 году обязательств по повышению заработной платы работникам бюджетной сферы в соответствии с «майскими» указами Президента РФ.

2. В соответствии с утвержденными «дорожными картами» рост заработной платы врачей по итогам 2017 года составил 22% к уровню 2016 года (42,8 тыс. рублей в месяц), среднего медперсонала – 5% (21,4 тыс. рублей), младшего медперсонала – 46,7% (19 тыс. рублей), работников учреждений культуры – 27,6% (22,5 тыс. рублей), социальных работников – 39,2% (20 тыс. рублей). В целом за пять лет заработная плата работников бюджетной сферы увеличилась: у врачей в 1,8 раза, учителей – в 1,6 раза, зарплата соцработников – в 2,7 раза, работников культуры – в 2,7 раза.

3. В прогнозируемом периоде темпы роста среднемесячного дохода от трудовой деятельности сопоставимы с темпами роста среднемесячной номинальной начисленной заработной платы. Величина среднемесячного дохода от трудовой деятельности в 2017 году составила – 25 048 тыс. рублей (или 107,1% к уровню 2016 года). Прогнозируется, что этот показатель будет равен в 2018 году – 27 147 тыс. рублей (108,4%); в 2019 году – 29 291 тыс. рублей (107,9%); в 2020 году – 31 634 тыс. рублей (108%).

4. Численность целевых категорий работников бюджетной сферы в I-м полугодии 2017 года по Воронежской области составила 87,2 тыс. человек или более 12,6% от общей численности работников, фонд заработной платы – 26,4 млрд рублей, или 11,3% в общем фонде оплаты труда работников организаций.

5. В общей структуре денежных доходов населения оплата труда составила 28,3%, социальные выплаты – 18%, доходы от предпринимательской деятельности, собственности и прочие доходы прогнозировались на уровне 53,7%. Значительных изменений в структуре денежных расходов населения к концу 2017 года не прогнозировалось, т. к. основную долю занимали потребительские расходы на покупку товаров (63,6%) и оплату услуг (14,8%), расходы населения на обязательные платежи – 9% от общей суммы расходов. Среднедушевые расходы населения за 2017 год оценивались в 31,1 тыс. рублей в месяц или 104,3% к уровню 2016 года.

6. Величина прожиточного минимума в регионе в 2017 году в среднем оценивалась в 8477 рублей, или 103,1% относительно 2016 года. Однако развитие принципов адресности социальной помощи, ежегодной индексации социальных выплат и пенсий позволяет не допустить значительного роста уровня бедности относительно предыдущего года. В 2017 году доля населения с доходами ниже региональной величины прожиточного минимума к уровню 2016 года не изменилась и составила 9,3%. В прогнозируемом периоде доля населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума будет постепенно снижаться и к 2020 году составит 9,2% от общей численности населения региона.

7. Значительную долю в денежных доходах населения занимают пенсионные назначения. В Воронежской области 748,2 тыс. человек пенсионеров или 32% от общей численности населения области. Средняя величина назначенных ежемесячных пенсий в 2017 году прогнозировалась в размере 11935,3 рублей или 104,2% к уровню 2016 года.

8. В 2020 году денежные доходы населения прогнозируются в сумме 1044,12 млрд руб., или 106,4% к уровню 2017 года. Структура денежных доходов существенно не изменится. Удельный вес оплаты труда в общем объеме денежных доходов населения сохранится на уровне 30% за счет легализации заработной платы и доведения ее минимального размера до прожиточного минимума трудоспособного населения области. Доля социальных выплат составит 18% в общей сумме доходов.

9. Денежные расходы населения в 2020 году возрастут к уровню 2017 года на 6,6%. На высоком уровне останутся расходы населения на покупку потребительских товаров и оплату услуг (79,7% от общей суммы расходов). Расходы населения на приобретение валюты, недвижимости, прирост вкладов в банках увеличатся на 4,7% к уровню 2017 года, их доля в общей сумме расходов составит 11,2%. Доля обязательных платежей в 2020 году сохранится на высоком уровне 9,2%.

Заключение

Проведя оценку всех факторов, влияющих на развитие человеческого капитала в регионе, определим основные социально-экономические причины его функционирования в экономике Воронежской области:

1) неблагоприятная демографическая ситуация, характеризующаяся постоянным сокращением численности населения, сокращением удельного веса молодежи, старением населения, миграционным оттоком и низкой продолжительностью жизни;

2) невысокий уровень реальных доходов населения;

3) высокий уровень дифференциации доходов и заработной платы населения по видам экономической деятельности и социальным группам;

ЛИТЕРАТУРА

1 Асалиев, А.М. Человеческий капитал в контексте стратегии социально-экономического развития // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. 2017. № 6 (96). С. 96–105.

2 Матюшкина И.А., Михалева О.М., Игольников И.В. Ретроспективный анализ теорий влияния человеческого капитала на устойчивое развитие территорий // Экономика и менеджмент инновационных технологий. 2016. № 8 (59). С. 59–63.

3 Регионы России. Социально-экономические показатели. 2016, 2017: стат. сб. / Росстат. М., 2017. 900 с.

4 Субхонбердиев А.Ш., Забудьков В.А. Сущность и значение импортозамещения для экономики России // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2016. Т. 4. № 2 (22). С. 364–367.

5 Субхонбердиев А.Ш., Родионова А. Реальность импортозамещения в России // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2016. Т. 4. № 4 (24). С. 162–165.

6 Субхонбердиев А.Ш., Шатохина А.Б., Атаева Д. Повышение конкурентоспособности отечественной экономики в условиях реализации политики импортозамещения // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2017. Т. 5. № 3 (29). С. 259–262.

4) низкая социальная ответственность значительной части работодателей в области улучшения условий и оплаты труда;

5) дефицит квалифицированных рабочих кадров.

Однако меры государства, направленные на формирование потенциала развития человеческого капитала в регионе как источника процесса импортозамещения, способны решить данные проблемы. В результате исследования выявили меры, направленные на улучшение качества человеческого капитала как основного ресурса роста экономики региона в рамках стратегии импортозамещения. Это могут быть мероприятия по проведению активной политики занятости, в том числе направленные на повышение экономической активности многодетных родителей, родителей детей-инвалидов, граждан, имеющих ограничения трудоспособности по состоянию здоровья. Одновременно могут реализовываться меры, направленные на повышение экономической активности граждан предпенсионного и пенсионного возраста, что позволит частично компенсировать снижение численности населения в трудоспособном возрасте. Предлагаемый комплекс структурных мер должен обеспечить ускорение темпов экономического роста страны до 3,1% к 2020 г., что позволит создать условия для устойчивого динамичного развития в будущем.

7 Сухорукова В.В., Яковлева Е.А., Азарова Н.А. Методика моделирования плановых и фактических значений стратегических показателей социально-экономического развития Воронежской области на примере показателя «Производительность труда в промышленности» // Лесотехнический журнал. 2017. Т. 7. № 1 (25). С. 252–261.

8 Stroeve O., Sukhorukova N., Tsvyrko A., Ivashchenko T. Development of factoring market in Russia // European Research Studies Journal. 2015. V.18. № 3. P. 51–62.

9 Sirotnin V., Arkhipova M. Information and telecommunication aspect of Russian regions development // «Proceedings of 17th European Conference on Digital Government, ECDG 2017», 17. Sep. 2017. P. 197–203.

10 Yakovleva E.A., Azarova N.A., Titova E.V. Innovation as a vector of regional economic development and a necessary condition for the progress of the world economy // Asian Social Science. 2015. V. 11. № 20. P. 90–96.

REFERENCES

1 Asaliyev, A.M. The human capital in a context of strategy of social and economic development. *Vestnik Rossijskogo ehkonomicheskogo universiteta im. G.V. Plekhanova* [Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics]. 2017. no. 6 (96). pp. 96–105. (in Russian).

2 Matyushkina I.A., Mikhaleva O.M., Igolnikova I.V. Retrospective analysis of theories of influence of the human capital on sustainable development territories. *Ehkonomika i menedzhment innovatsionnykh tekhnologij* [Economy and management of innovative technologies]. 2016. no. 8 (59). pp. 59–63. (in Russian).

3 Regiony Rossii. Social'no-ehkonomicheskie pokazateli. 2016, 2017 [Regions of Russia. Socio-economic indexes. 2016, 2017]. Digest of articles, Rosstat. Moscow, 2017. 900 p. (in Russian).

4 Subkhonberdiyev A. Sh., Zabudkov V.A. Essence and value of import substitution for economy of Russia. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Actual areas of research of the XXI century: theory and practice]. 2016. vol. 4. no. 2 (22). pp. 364–367. (in Russian).

5 Subkhonberdiyev A. Sh., Rodionova And Reality of import substitution in Russia. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Actual areas of research of the XXI century: theory and practice]. 2016. vol. 4. no. 4 (24). pp. 162–165. (in Russian).

6 Subkhonberdiyev A. Sh., Shatokhina A.B., Atayeva. Increase in competitiveness of domestic economy

in the conditions of realization of policy of import substitution. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Actual areas of research of the XXI century: theory and practice]. 2017. vol. 5. no. 3 (29). pp. 259–262. (in Russian).

7 Sukhorukova V.V., Yakovleva E.A., Azarova N.A. Metodik of modeling of planned and actual values of strategic indicators of social and economic development of the Voronezh region on the example of an indicator «Labor productivity in the industry». // *Lesotekhnicheskij zhurnal* [Forestry magazine]. 2017. vol. 7. no. 1 (25). pp. 252–261. (in Russian).

8 Stroeve O., Sukhorukova N., Tsvyrko A., Ivashchenko T. Development of factoring market in Russia. *European Research Studies Journal*. 2015. vol.18. no. 3. pp. 51–62.

9 Sirotin V., Arkhipova M. Information and telecommunication aspect of Russian regions development. «Proceedings of 17th European Conference on Digital Government, ECDG 2017», 17. Sep. 2017. pp. 197–203.

10 Yakovleva E.A., Azarova N.A., Titova E.V. Innovation as a vector of regional economic development and a necessary condition for the progress of the world economy. *Asian Social Science*. 2015. vol. 11. no. 20. pp. 90–96.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Наталья А. Азарова к.э.н., доцент, кафедра мировой и национальной экономики, Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф.Морозова, ул. Тимирязева, 8, Воронеж, 394087, Россия, azarovarsd@rambler.ru

Анна Ю. Небесная к.э.н., доцент, кафедра мировой и национальной экономики, Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф.Морозова, ул. Тимирязева, 8, Воронеж, 394087, Россия, an-nebesnaya@yandex.ru

Андрей С. Свиридов д.э.н., зав. кафедрой экономики и менеджмента, Воронежский филиал Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, Ленинский проспект, 174л, Воронеж, 394033, Россия, sviridov2010@mail.ru

Людмила Э. Глаголева д.т.н., профессор, кафедра туризма и гостиничного дела, Воронежский государственный университет инженерных технологий, ул. Сакко и Ванцетти 72, г. Воронеж, 394036, Россия, milaprofi@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Наталья А. Азарова консультация в ходе исследования

Анна Ю. Небесная обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Андрей С. Свиридов написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Людмила Э. Глаголева консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 05.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 22.06.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Natalya A. Azarova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, global and national economy department, Voronezh state university of forestry and technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev Av., 8, Voronezh, 394087, Russia, azarovarsd@rambler.ru

Anna Yu. Nebesnaya Cand. Sci. (Econ.), associate professor, global and national economy department, Voronezh state university of forestry and technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev Av., 8, Voronezh, 394087, Russia, an-nebesnaya@yandex.ru

Andrey S. Sviridov Dr. Sci. (Econ.), Head Department of Economics and Management, State university of sea and river fleet of a name of the admiral S. O. Makarov (Voronezh branch), Leninsky av., 174 L, Voronezh, 394033, Russia, sviridov2010@mail.ru

Lyudmila E. Glagoleva Dr. Sci. (Tech.), professor, tourism and hotel business department, Voronezh state university of engineering, Sacco and Vancetti St., 72, Voronezh, 394036, Russia, milaprofi@mail.ru

CONTRIBUTION

Natalya A. Azarova consultation during the study

Anna Yu. Nebesnaya review of the literature on an investigated problem

Andrey S. Sviridov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Lyudmila E. Glagoleva consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.5.2018

ACCEPTED 6.22.2018

Реорганизация ипотечных подразделений ПАО «ВТБ24»

Наталья Н. Кудрявцева	¹	konnat@mail.ru
Юлия В. Пахомова	²	yulia198007@mail.ru
Юлия Н. Дуванова	³	dyvanova@mail.ru

¹ Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, 54а, г. Воронеж, Россия

² Воронежский государственный технический университет, ул. Московский проспект, 14, г. Воронеж, Россия

³ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, 394036, г. Воронеж, Россия

Реферат. В статье представлена новая модель организационной структуры центра ипотечного кредитования ПАО «ВТБ24» на основе анализа организационной структуры центра ипотечного кредитования ПАО «ВТБ24», который выявил недостатки, вытекающие из разделения ипотечного направления на фронт и БЭК-зону. Такое разделение нелогично и не встраивается в общую концепцию развития Банка, стремящегося обеспечить единые стандарты коммуникаций и увеличить проникновение в действующую клиентскую базу, нарастив количество банковских продуктов на одного клиента. Заставить ипотечный портфель работать эффективнее, создав условия вовлеченности ОЗиСИС в кросс-продажи банковских продуктов, можно объединив ЦИК под одним начальником и поставив этому единому начальнику цели как по продажам, так и по качественному сопровождению действующих клиентов. В 2017 году стратегическими задачами банка становятся качественный рост портфеля, Банк перешел от экстенсивного развития к интенсивному. Это вновь создает предпосылки для наращивания усилий по проникновению в действующую клиентскую базу. Также возможно нарастить комиссионный доход, если проговаривать с клиентами структуру сделки на этапе консультации, активно предлагая сделки не через наличный-безналичный расчет, а с использованием аккредитивной формы расчета или банковские ячейки. Новая модель организационной структуры центра ипотечного кредитования подразумевает высокую вовлеченность всех сотрудников отдела в задачи как продаж так и качественного сопровождения отдела и исключает переадресацию клиента между отделами, недопонимание и дублирование функций.

Ключевые слова: модель, организационная структура, ипотечное кредитование, бизнес-план

Reorganization of mortgage divisions of PJSC VTB 24

Natal'ya N. Kudryavtseva	¹	konnat@mail.ru
Yuliya V. Pakhomova	²	yulia198007@mail.ru
Yuliya N. Duvanova	³	dyvanova@mail.ru

¹ Air Force, Military Training and Research Center of the Air Force, Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovskiy and Y. A. Gagarin, Starich Bolshevikov str., 54a, Voronezh

² Voronezh state technical university, Moskovsky av., 14, Voronezh, Russia

³ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. The new model of organizational structure of the center of mortgage lending of PJSC VTB 24 on the basis of the analysis of organizational structure of the center of mortgage lending of PJSC VTB 24 which has revealed the shortcomings following from division of the mortgage direction into the front and the BEK-zone is presented in article. Such division is illogical and isn't built in the general concept of development of the Bank seeking to provide uniform standards of communications and to increase penetration into the operating client base, having increased quantity of banking products on one client. To force the mortgage portfolio to work more effectively, having created conditions to involvement ОЗиСИС into cross-sales of banking products, it is possible having united the CEC under one chief and having set as this uniform chief the purposes both on sales, and on high-quality escort of the acting clients. In 2017 become strategic tasks of bank high-quality portfolio growth, the Bank has passed from extensive development to intensive. It creates prerequisites for strengthening efforts on penetration into the operating client base again. It is also possible to increase commission income if to pronounce with clients structure of the transaction at a consultation stage, actively offering transactions not through cash - non-cash payment, and with use of a letter of credit form of calculation or safety-deposit boxes. The new model of organizational structure of the center of mortgage lending means the high involvement of all staff of department into tasks as sales and high-quality support of department and excludes readdressing of the client between departments, misunderstanding and duplication of functions.

Keywords: model, organizational structure, mortgage lending, business plan

Введение

Динамика развития банковского сектора РФ за минувшие 10 лет (2003–2013 гг.) говорит о его скором темпе развития, что позволило существенно увеличить предложение банковских услуг. В банковском бизнесе в минувшие годы мы замечаем немного различные тенденции в области кредитования нефинансового сектора и кредитования населения. В области нефинансового

сектора вырос номинальный валовый внутренний продукт – 16–18 % в год, что говорит об устойчивости банковского сектора, так как он не обязан отрываться от динамики роста экономики. А в области кредитования населения на 1-е место необходимо поставить тенденции, сопряженные с преодолением эффекта насыщения спроса, с одной стороны, а с другой – вероятен рост в области ипотечного кредитования [1,2].

Для цитирования

Кудрявцева Н.Н., Пахомова Ю.В., Дуванова Ю.Н. Реорганизация ипотечных подразделений ПАО «ВТБ24» // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 458–462. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-458-462

For citation

Kudryavtseva N.N., Pakhomova Ju.V., Duvanova Ju.N. Reorganization of mortgage divisions of PJSC VTB 24. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 458–462. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-458-462

Разработка новой модели организационной структуры центра ипотечного кредитования ПАО «ВТБ24»

На основе проведенного анализа организационной структуры центра ипотечного

кредитования ПАО «ВТБ24» предлагается реформирование ипотечных модулей продаж (рисунок 1).

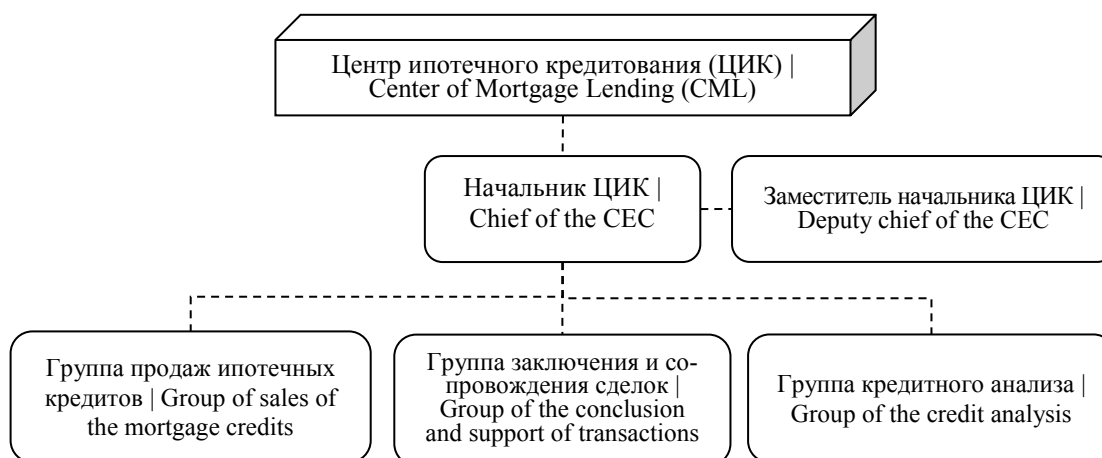


Рисунок 1. Новая модель организационной структуры центра ипотечного кредитования ПАО «ВТБ24»

Figure 1. New model of organizational structure of the center of mortgage lending of PJSC VTB 24

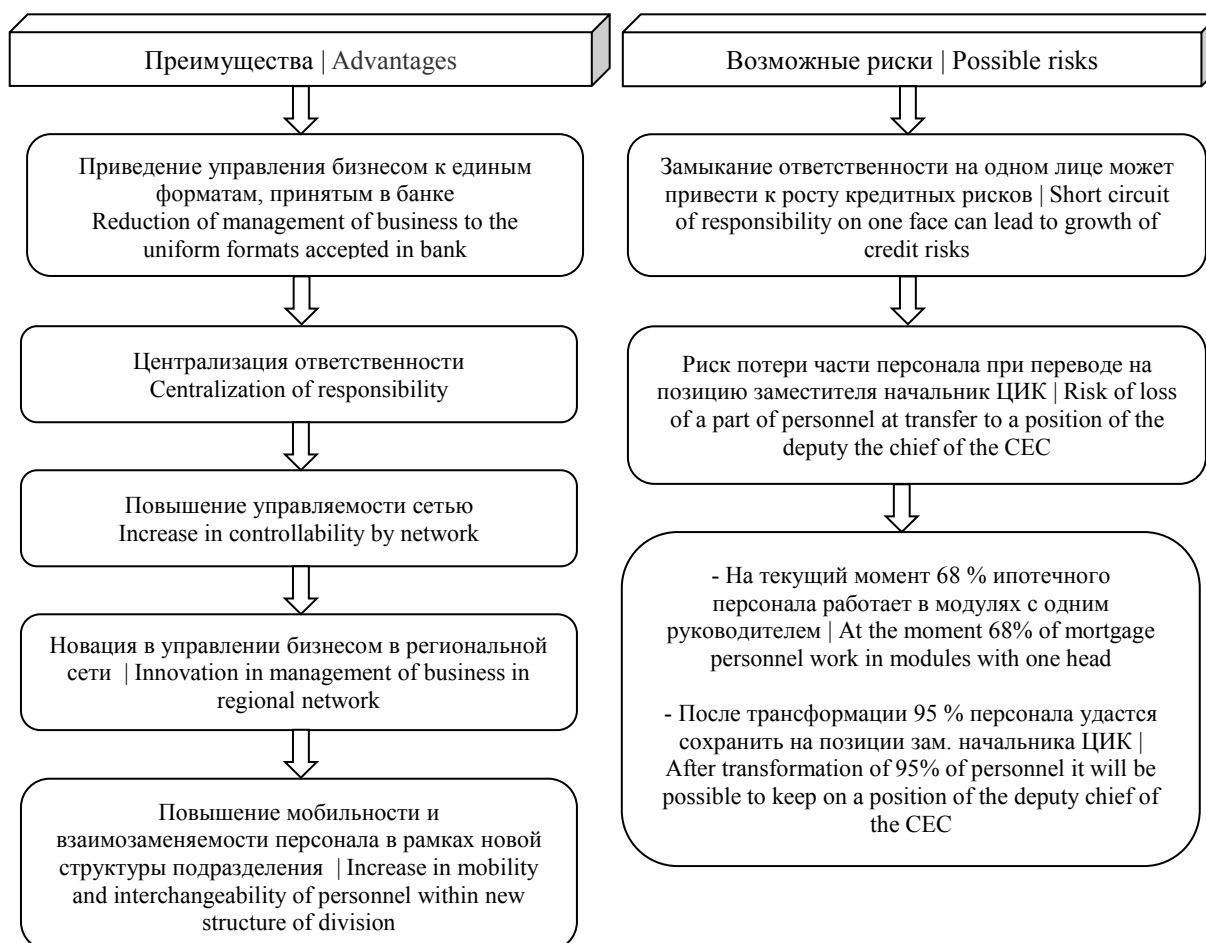


Рисунок 2. Преимущества и риски новой модели организационной структуры центра ипотечного кредитования ПАО «ВТБ24»

Figure 2. Advantages and risks of new model of organizational structure of the center of mortgage lending of PJSC VTB 24

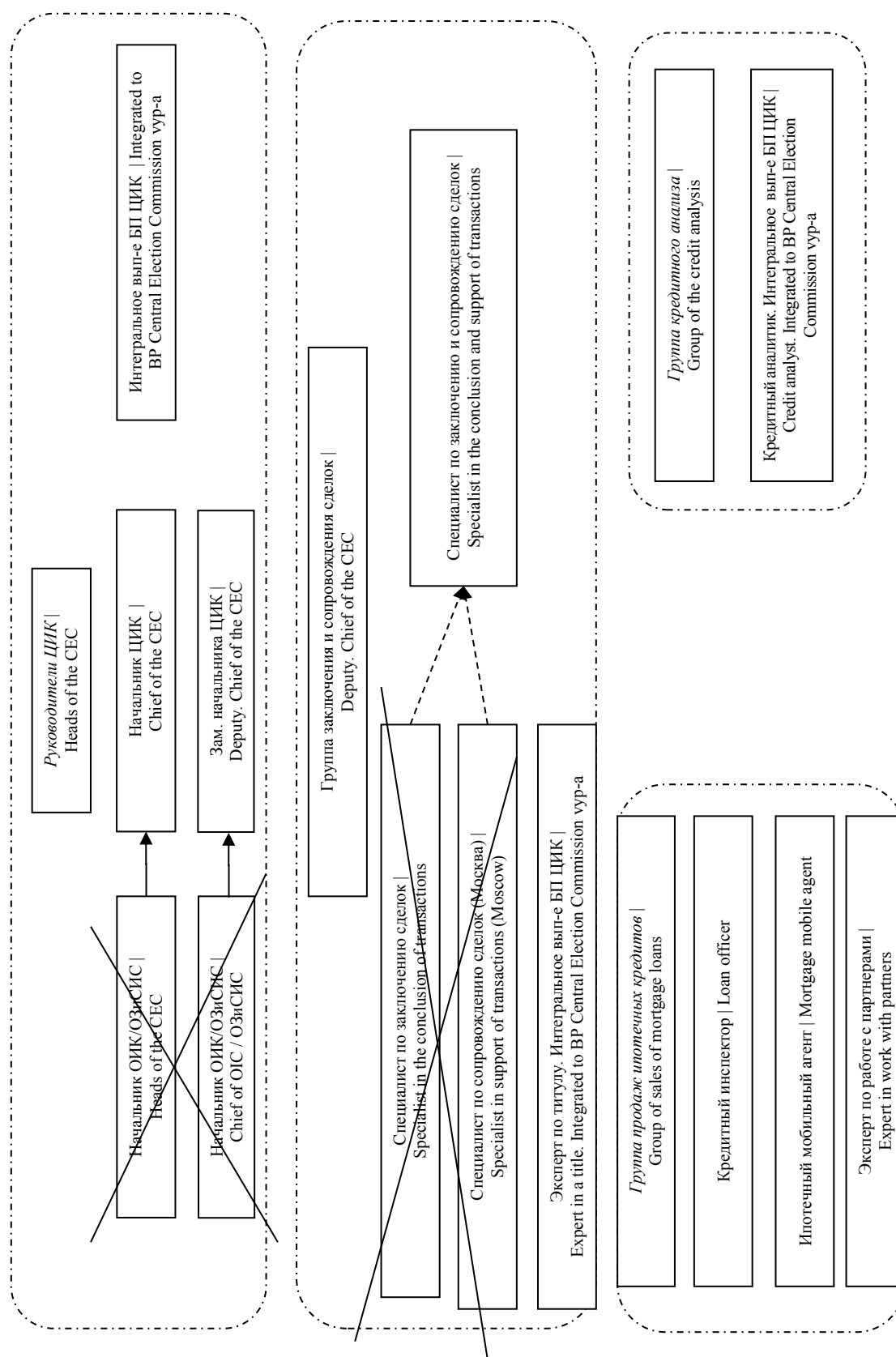


Рисунок 3. Изменение форматов ипотечных модулей продаж
Figure 3. Change of formats of mortgage modules of sales

Модель организационной структуры центра ипотечного кредитования подразумевает высокую вовлеченность всех сотрудников отдела в задачи как продаж, так и качественного сопровождения отдела и исключает переадресацию клиента между отделами, недопонимание и дублирование функций. Также должно вырасти качество клиентского сервиса, вытекающее из понимания менеджерами необходимости дальнейшего контакта с клиентами, а не просто продажи продукта или услуги. Помимо этого повышается мобильность в принятии решений и изменений в структуре ведения бизнеса. Объединение усилий и повышение взаимозаменяемости позитивно скажется на дальнейшей работе центра. Также повысится уровень целенаправленности отдела в целом ввиду централизации ответственности за ипотечное направление на начальнике отдела [3, 4].

Риск потери части персонала, по сути, можно рассмотреть как возможность сброса балласта или повод избавиться от неэффективных сотрудников. Также требуется особое внимание при согласовании кандидатуры начальника нового отдела.

Преимущества и риски новой модели организационной структуры центра ипотечного кредитования представим на рисунке 2. Новый формат ипотечного модуля подразумевает четкую вертикаль власти и прямое подчинение одному начальнику отдела (рисунок 3). Кроме изменений названия должности, подразумевается

изменение масштаба работы, который компенсирует риск потери части персонала при переводе на позицию заместителя начальника ЦИК. В группе заключения и сопровождения сделок остается один универсальный ТРМ – специалист по заключению и сопровождению сделок. Такие специалисты, безусловно, удобнее как для клиента, поскольку можно обратиться к любому сотруднику, так и банку: возрастает взаимозаменяемость, снижается риск кадрового голода.

Типовые рабочие места сотрудников фронт-линии остаются без изменений.

Исполнение бизнес-плана для целей премирования нового отдела будет считаться интегрально по совокупности ключевых показателей, что позволит избежать текущей ситуации, когда сотрудники отдела заключения и сопровождения ипотечных сделок получают премию несмотря на невыполнение ключевых показателей банка по ипотечному направлению – исполнению плана по выдачам и плана по остаткам портфеля.

Заключение

Применение новой модели организационной структуры центра ипотечного кредитования ПАО «ВТБ24» согласно ожиданиям аналитиков банка останется основным драйвером развития и наращивания розничного кредитного портфеля. Это вновь подтверждает актуальность предложений по оптимизации организационной структуры.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Кудрявцева Н.Н., Кудрявцев В.А., Пахомова Ю.В. Оценка структуры розничного кредитного портфеля в ПАО «ВТБ24» и анализ ипотечного кредитования // Организационно-экономические и управленческие аспекты функционирования и развития социально-экономических систем в условиях инновационной экономики: материалы всероссийской науч.-практич. конф. Воронеж: ВГУ, 2017. С. 80–89.
- 2 Кудрявцева Н.Н., Кудрявцев В.А., Пахомова Ю.В., Дуванова Ю.Н. Исследование потребительского кредитования в ПАО АКБ «Металлин-вестбанк» за 2014–2016 гг. // Вестник ВГУИТ. 2017. № 4. С. 314–321.
- 3 Кудрявцева Н.Н., Пахомова Ю.В. Анализ депозитных операций в банке ВТБ24 (ПАО) // Трансформация экономики, финансов и учета: материалы I междун. науч.-практич. конф. 2017. С. 229–236.
- 4 Дуванова Ю.Н., Чайковская Л.Н., Власов А.Б., Летуновский К.П. Угрозы экономической безопасности предприятия // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2014. № 4 (9). С. 188.
- 5 Kihn M. House of lies: how management consultants steal your watch and then tell you the time. 2012. P. 21–25.

- 6 Brettel M. et al. Cross functional integration of R&D, marketing, and manufacturing in radical and incremental product innovations and its effects on project effectiveness and efficiency // Journal of Product Innovation Management. 2011. V. 28. №. 2. P. 251–269.
- 7 Senor D. Start-up Nation. 2016. 198 p.
- 8 Global Construction 2020. URL: <https://www.worldcement.com/the-americas/25082011/global-construction-2020/>
- 9 Korea's 'Clean Construction System' for enhancing transparency in public construction shared with Ukraine. URL : http://www.undp.org/content/seoul_policy_center/en/home/presscenter/articles/2016/06/23/koreas-clean-construction-system-for-enhancing-transparency-in-public-construction-shared-with-ukraine-0.html
- 10 Brunswick S., Vanhaverbeke W. Open innovation in small and medium sized enterprises (SMEs): External knowledge sourcing strategies and internal organizational facilitators // Journal of Small Business Management. 2015. V. 53. №. 4. P. 1241–1263.
- 11 Grošelj P., Stim L.Z., Ayrilmis N., Kuzman M.K. Comparison of some aggregation techniques using group analytic hierarchy process // Expert Systems with Applications. 2015. V. 42. № 4. P. 2198–2204.

12 Zhu B., Zeshui Xu. Analytic hierarchy process-hesitant group decision making // European Journal of Operation Research. 2014. V. 239. № 3. P. 794–801.

13 Хорев А.И. и др. Факторы и инструменты управления организационным бизнес-развитием: монография. Воронеж, 2009. 206 с.

REFERENCES

1 Kudryavtseva N.N., Kudryavtsev V.A., Pakhomova Yu.V. Assessment of structure of the retail credit portfolio in PJSC VTB 24 and the analysis of mortgage lending. Organizacionno-ehkonomicheskie i upravlencheskie aspekty funkcionirovaniya i razvitiya social'no-ehkonomicheskikh sistem v usloviyakh innovacionnoj ehkonomiki [Organizational, economic and managerial aspects of the functioning and development of socio-economic systems in an innovative economy: materials of the All-Russian scientific and practical. conf.]. Voronezh, VGTU, 2017. pp. 80–89. (in Russian)

2 Kudryavtseva N.N., Kudryavtsev V.A., Pakhomova Yu.V., Duvanova Yu.N. A research of consumer crediting in PJSC JSB Metallinvestbank in 2014–2016. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUIT]. 2017. no. 4. pp. 314–321. (in Russian)

3 Kudryavtseva N.N., Pakhomova Yu.V. The analysis of deposit operations in VTB 24 bank (public joint stock company). Transformaciya ehkonomiki, finansov i ucheta [Transformation of the economy, finance and accounting: materials I international. scientific practical conf.]. 2017. pp. 229–236. (in Russian)

4 Duvanova Yu.N., Chaykovskaya L.N., Vlasov A.B., Letunovsky K.P. Threats of economic security of the enterprise. *Ehkonomika. Innovacii. Upravlenie kachestvom* [Economy. Innovations. Quality management]. 2014. no. 4 (9). pp. 188. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Наталья Н. Кудрявцева к.геогр.н., доцент, кафедра управления материально-техническим обеспечением ВВС, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, 54а, г. Воронеж, Россия, konnat@mail.ru

Юлия В. Пахомова к.э.н., доцент, кафедра инженерной экономики, Воронежский государственный технический университет, Московский пр-т, 14, г. Воронеж, Россия, yulia198007@mail.ru

Юлия Н. Дуванова к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, Россия, dyvanova@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 16.01.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 19.02.2018

5 Kihn M. House of lies: how management consultants steal your watch and then tell you the time. 2012. pp. 21–25.

6 Brettel M. et al. Cross functional integration of R&D, marketing, and manufacturing in radical and incremental product innovations and its effects on project effectiveness and efficiency. Journal of Product Innovation Management. 2011. vol. 28. no. 2. pp. 251–269.

7 Senor D. Start-up Nation. 2016. 198 p.

8 Global Construction 2020. Available at: <https://www.worldcement.com/the-americas/25082011/global-construction-2020/>

9 Korea's 'Clean Construction System' for enhancing transparency in public construction shared with Ukraine. Available at: http://www.undp.org/content/seoul_policy_center/en/home/presscenter/articles/2016/06/23/koreas-clean-construction-system-for-enhancing-transparency-in-public-construction-shared-with-ukraine-0.html

10 Brunswicker S., Vanhaverbeke W. Open innovation in small and medium sized enterprises (SMEs): External knowledge sourcing strategies and internal organizational facilitators. Journal of Small Business Management. 2015. vol. 53. no. 4. pp. 1241–1263.

11 Grošelj P., Stirn L.Z., Ayrilmis N., Kuzman M.K. Comparison of some aggregation techniques using group analytic hierarchy process. Expert Systems with Applications. 2015. vol. 42. no. 4. pp. 2198–2204.

12 Zhu B., Zeshui Xu. Analytic hierarchy process-hesitant group decision making. European Journal of Operation Research. 2014. vol. 239. no. 3. pp. 794–801.

13 Horev A.I. et al. Faktory i instrumenty upravleniya organizacionnym biznes-razvitiem [Factors and tools for managing organizational business development]. Voronezh, 2009. 206 p. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Natal'ya N. Kudryavtseva Cand. Sci. (Geo.), associate professor, logistics management department, Air Force Academy named after Professor N. Zhukovskiy and Yu. Gagarin, Old Bolsheviks str., 54a, Voronezh, Russia, konnat@mail.ru

Yuliya V. Pakhomova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, Engineering Economics department, Voronezh state technical university, Moskovsky av., 14, Voronezh, Russia, yulia198007@mail.ru

Yuliya N. Duvanova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, Economic Security and the Financial Monitoring department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, dyvanova@mail.ru

CONTRIBUTION

all authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.16.2018

ACCEPTED 2.19.2018

Инновационная среда в трансграничных агломерациях

Людмила Л. Зобова¹ llzob@mail.ru

Елена К. Евдокимова¹ elena_evdokimova@inbox.ru

¹ Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, Кемерово, 650000, Россия

Реферат. В российских научных публикациях и экономической политике с учетом территориального аспекта инновационная среда рассматривается, как правило, в границах конкретного региона. В статье предлагается сравнительный анализ категории «инновационная среда региона» и «пространственная инновационная среда». Критерием разграничения понятий являются пространственные границы этой среды. Инновационная среда региона может быть рассмотрена как реально существующая. Пространственную инновационную среду необходимо описывать как потенциально возможную с учетом несовпадения ее границ с границами конкретного региона. На практике часто инновационная среда региона выходит за его административные границы. В этом случае методологически обоснованным является дефиниция «пространственная инновационная среда». Показан экзогенный характер радикальных инноваций по отношению к конкретному региону. Представлена авторская позиция, опирающаяся на зарубежные исследования, в которых отсутствует жесткая зависимость уровня экономического развития региона от развитости инновационной среды региона. В работе выявлено, что количественные параметры развития инновационной среды региона не всегда дают объективную картину инновационного развития конкретного региона. Индикаторы инновационного развития дают возможность измерить только производство инноваций в регионе, но не предлагают механизм их распространения и использования. Исследование инновационной среды макрорегиона юга Западной Сибири показало, что существуют условия для конкуренции за интеллектуальные ресурсы. Процесс инноваций может дать положительный эффект с учетом кооперации инновационных сред соответствующих агломераций, исключая дублирующие инновационные проекты. Необходимо преобразовать региональные инновационные пространства в общий межрегиональный инновационный кластер. Для этого необходимо создать координирующий межрегиональный орган.

Ключевые слова: инновационная среда; инновационное пространство; агломерация; макрорегион

Innovation environment in cross-border agglomerations

Lyudmila L. Zobova¹ llzob@mail.ru

Elena K. Evdokimova¹ elena_evdokimova@inbox.ru

¹ Kemerovo State University, Krasnaya str., 6, Kemerovo, 650000, Russia

Summary. As a rule, the innovation environment is considered within the boundaries of a specific region, taking into account the territorial aspect. This point of view is taken into consideration in Russian scientific publications and economic policy. The article deals with a comparative analysis of the category "region innovation environment" and "spatial innovation environment". The criterion for distinguishing between concepts is the spatial boundaries of this environment. Innovative environment of the region can be considered as real. The spatial innovation environment should be described as potentially possible, taking into account the mismatch of its borders with the boundaries of a particular region. As usual the innovation environment of the region goes beyond its administrative boundaries. In this case, the definition "spatial innovation environment" is methodologically justified. The exogenous nature of radical innovations in relation to a particular region is shown. The author's position is based on foreign researches, in which there is no rigid dependence of the region's economic development level on the development of the innovation environment of the region. The research shows that the quantitative parameters of the innovation environment development in the region do not always give an objective picture of the innovative development of a particular region. Indicators of innovative development make it possible to measure only the production of innovations in the region, but do not offer a mechanism for their dissemination and use. The study of the macro region innovation environment of the south of Western Siberia showed that there are conditions for competition for intellectual resources. The process of innovation can give a positive effect, taking into consideration the cooperation of relevant agglomerations innovative environment, excluding duplicate innovative projects. It is necessary to transform regional innovation spaces into a common interregional innovation cluster. Because of it the creation of a coordinating interregional body is necessary.

Keywords: innovative environment, innovative spatial, agglomeration

Введение

Во второй половине 1980-х и начале 1990-х гг. необходимо было объяснить кризис, затронувший традиционно процветающие промышленные регионы мира, и быстрый успех других периферийных или отдаленных регионов. Интерес вызывает абсолютно новый феномен «быстрых» регионов с динамичными, гибкими пространственными структурами. В течение

нескольких десятилетий в некоторых регионах сформировалась инновационная среда, последствия функционирования которой выходят далеко за рамки национальных и континентальных границ. Например, американская Силиконовая долина, индийский Бангалор, «Третья Италия» и др. Надо учесть, что Силиконовая долина – часть крупнейшей агломерации-конурбации США, Бангалор является пятой по численности

Для цитирования

Зобова Л.Л., Евдокимова Е.К. Инновационная среда в трансграничных агломерациях // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 463–470. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-463-470

For citation

Zobova L.L., Evdokimova E.K. Innovation environment in cross-border agglomerations. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 463–470. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-463-470

агломерацией в Индии. При этом Силиконовая долина и Бангалор являются ареалами инноваций, но в районе так называемой «Третьей Италии» сосредоточено большое количество малых и средних фирм, специализирующихся в ремесленных отраслях.

Продолжается дискуссия о соотношении роли экзогенных и эндогенных факторов для технологических инноваций регионов. Диффузия инноваций должна быть рассмотрена с учетом пространственно-временного аспекта, поскольку поведенческие реакции меняются с течением времени и в разных местах. Одновременно возникает необходимость в инструментах измерения уровня развития инновационной среды региона, для проведения адекватной инновационной политики. Набор существующих показателей, характеризующий степень развитости инновационной среды региона, не всегда дает объективную характеристику.

Для пространственного развития любой страны закономерным является неравномерное развитие регионов, в том числе и степень развитости региональной инновационной среды. Исследование должно дать ответ на вопрос о возможной роли макрорегиона в производстве инноваций.

Цель работы вытекает из логики исследования – от устоявшегося в науке понятия инновационной среды и различного понимания категории инновационного пространства к уточнению понятия «пространственная инновационная среда». В большинстве публикаций дается характеристика качества инновационного пространства, при этом понятие «пространство» не формулируется. По сути, речь идет не о пространстве, а о конкретной территории. Особенность работы состоит в анализе пространственной инновационной среды, не совпадающей с границами региона. Полученные выводы могут помочь местным государственным органам в выборе стратегии инновационного развития данного региона.

Пространственная инновационная среда

Общепринято, что инновационная среда является сочетанием внутренней и внешней среды участника инновационного процесса. В теории в качестве компонентов внешней среды выделяют социальную, технологическую, экономическую и политическую сферы [1]. При этом отдельно не выделяется пространственный компонент. Между тем за последние двадцать лет территориальные подходы сыграли важную роль в инновациях и экономике знаний. В середине 80-х годов в зарубежных исследованиях была сформулирована необходимость анализа инновационной среды, влияющей

на функционирование и развитие регионов. В этот период была сформулирована концепция «инновационной мили». Инновационная среда состоит из субъектов и элементов, которые взаимодействуют в производстве, распространении и использовании экономически полезных знаний в определенном пространстве. Таким образом, существует настоятельная потребность ввода пространственной составляющей в концепцию инновационных сред.

Понятие инновационной среды в отечественном научном сообществе рассматривается с различных позиций. С точки зрения институциональной теории «инновационная среда» является совокупностью экономически целесообразно организованного пространства жизнедеятельности [2]. Таким образом в неявном виде отождествляется среда и пространство. Во многих исследованиях инновационная среда региона авторами определяется как сложившееся взаимодействие внешнего окружения региона и региональной инновационной системы [3]. Из данного определения следует, что инновационная среда в регионе уже существует, и в неявном виде подразумевается несовпадение границ региона и его инновационной среды.

Категория инновационной среды объективно предполагает соотнесение с категорией инновационного пространства. Подчеркнем, что речь идет не о территории, а именно о пространстве. В российских публикациях дается широкое определение инновационного пространства, например, как формы организации объектов инновационной деятельности, направленной на инновационное преобразование действительности [4].

Пространство, понимаемое как организованная среда, созданная в целях разграничения деятельности субъектов, дает основание для ввода категории «пространственная инновационная среда» [5]. Предлагаемая достаточно абстрактная дефиниция требует соотнесения с понятием «инновационная среда региона». Критерием разграничения понятий являются пространственные границы этой среды. Инновационная среда региона может быть рассмотрена как реально существующая. Пространственную инновационную среду необходимо описывать как потенциально возможную с учетом несовпадения ее границ с границами конкретного региона.

В зарубежных публикациях можно выделить два противоположных подхода: роль регионов в генерации инноваций возрастает либо современные информационные компьютерные технологии нивелируют значение расстояния. Можно ли согласиться с этим тезисом? Однозначного ответа нет – никто не отменял роль личного взаимодействия в генерации инноваций.

Понимание особенностей пространства, в котором осуществляются инновации, является ключом к укреплению регионального инновационного потенциала, особенно в современных мегарегионах, где пространство нелегко отделяется от внешних воздействий. В зарубежных публикациях исследована взаимосвязь пространственных факторов и инноваций с анализом пространственной близости, инновационных сетей и региональных инновационных систем. Однозначного вывода не получено. Была изучена взаимосвязь инноваций и близости с использованием набора данных НИОКР и человеческого капитала в 276 регионах ЕС. Согласно результатам географическая близость важна, но в меньшей мере, чем технологическая и когнитивная. [6]. На практике инновационная среда формируется путем смешения организационной и географической близости в городских системах. В ОЭСР были рассмотрены методы преобразования пространств в региональные кластеры инноваций, в то же время ряд стран реализовал эти идеи. Нидерланды и Германия разработали региональную инновационную систему в качестве центрального элемента своих долгосрочных региональных программ территориального планирования. В Японии и Корее проводится политика, поощряющая региональные инновационные системы. Но в настоящее время корейская инновационная политика фокусируется на пространственных единицах, в то время как в Японии применяют инновационную политику по всей стране. Корея предпочитает отбор и концентрацию, в то время как Япония выбирает децентрализацию и распределение. В институционально и экономически интегрированной Европе роль регионов изменяется. В частности, городские агломерации являются лучшим драйвером инноваций, чем высокая отраслевая специализация регионов.

В США генерирование инноваций обычно происходит в самодостаточных географических ячейках (например, университетских городах). Таким образом, в каждом конкретном случае применяются свои региональные инновационные стратегии.

Адекватно оценить уровень развития инновационной среды региона возможно с учетом деления инноваций на радикальные инновации и так называемые технологические траектории. При этом роль территории разная для разных видов инноваций. Зарубежные исследователи полагают, что происхождение радикальных инноваций экзогенно к системе. Для новой траектории инноваций географическая близость будет способствовать генерации знаний [7].

Подчеркнем, что необходимо различать географическую близость как реальную и потенциальную, и как желательную и нежелательную. Географическая близость из положительного фактора способна превратиться в фактор отрицательный. Нередки случаи, когда соседи практически полностью игнорируют друг друга, тем более что технологии коммуникации предоставляют возможность быть одновременно в двух местах и, следовательно, быть «близко» от кого-либо географически удаленного.

Инструменты измерения инновационной среды региона

В зарубежных публикациях продолжается дискуссия о возможности определения конкретных показателей пространственного инновационного развития. Дискуссия выявила два противоположных подхода. Первый направлен на обоснование объективности критериев развития региональной экономики, основанной на знаниях, второй – на развитие новых концепций, которые могли бы привлечь внимание политиков. Существующие показатели дают возможность измерить только производство инноваций в регионе, но не дают возможность предложить механизм их распространения и использования [8].

Для оценки уровня инновационного развития конкретного пространства следует учитывать как статические (количество университетов, количество фирм, размер и возраст предприятия, человеческий капитал и так далее), так и динамические показатели (количество кооперационных связей между хозяйствующими субъектами).

Трудность поставленной задачи предопределена тем, что необходимо определить факторы, влияющие на формирование отношений между знанием и экономикой. При этом невозможно точно измерить существующее знание на входе. За основу часто берут методологию, разработанную на международном уровне (Всемирный банк, ОЭСР и др.). Для измерения инновационной системы предлагается использовать: объем прямых иностранных инвестиций, внутренние прямые инвестиции, общее количество научных работников, в том числе сотрудников НИОКР, расходы на научные исследования и развитие, количество сотрудников, занятых фундаментальными исследованиями, сотрудничество между исследовательскими институтами и бизнесом, количество научно-технических журналов, патенты, экспорт в сфере высоких технологий, количество инновационных предприятий (которые производят только инновационный продукт), развитость Интернета.

Можно было ожидать сильную корреляцию между инвестициями в НИОКР, знания и процесс обучения, с одной стороны, и увеличением производительности труда, с другой. Тем не менее, эмпирические данные показывают расхождения между знаниями на входе и экономическими показателями в различных географических единицах.

Иначе говоря, следует признать, что распределение роста производительности и экономического роста в регионах происходит крайне неравномерно. Экономическое неравенство пространств, выраженное в доходах ВВП на душу населения, занятости и безработице, является постоянным во времени. Причина может быть глубоко укоренена в инерционности субъектов региональной системы. Поскольку инновации – это процесс, который происходит на пересечении социального и физического пространства, неравномерность регионального распределения эффективности инновационных сред может быть связана и с наличием культурно-познавательных условий, и с традициями предпринимательской ориентации в соответствующем регионе, наличием открытости и творчества, бизнес-отношениями и развитостью местных институциональных систем [9].

Пространственная инновационная среда в агломерациях юга Западной Сибири

В РФ центры инноваций пространственно распределены крайне неравномерно.

В Ассоциацию инновационных регионов России включено всего 14 субъектов. В аналитическом докладе «Рейтинг инновационного развития субъектов Российской Федерации» дана оценка инновационного развития российских регионов [10]. Расчет рейтинга инновационного развития ведется на основе 29 индикаторов. В 2016 г. введен новый блок индикаторов – «Инновационная активность региона». Лидерами рейтинга ожидаемо являются Москва, Санкт-Петербург и Республика Татарстан. С точки зрения анализа инновационной активности интерес представляют четыре агломерации юга Западной Сибири (Алтайская, Кузбасская, Новосибирская, Томская), потенциально образующие макрорегион с устоявшимся межрегиональным разделением труда. В группу сильных инноваторов вошли 11 субъектов РФ, в том числе Томская и Новосибирская область. Впервые в эту группу вошел Красноярский край. Алтайский край вошел в группу среднесильных инноваторов, продемонстрировав положительную динамику в инновационном развитии. Кемеровская область входит в группу среднеслабых инноваторов. В число лидеров по уровню развития научных исследований и разработок входят Томская и Новосибирская области (таблица 1).

Таблица 1.
Рейтинг инновационной активности агломераций юга Западной Сибири 2016 г. [10]

Table 1.

Rating of innovation activity agglomeration south of West Siberia 2016year [10]

Агломерации Agglomeration	Место в рейтинге инновационного развития субъектов РФ Place in the ranking of innovative development of subjects of the Russian Federation				
	Региональный инновационный индекс Regional innovation index	Индекс научно-технического потенциала Index of the scientific and technical capacity	Индекс инновационной деятельности Innovation index	Индекс социально-экономических условий инновационной деятельности Index of socio-economic conditions of innovation	Индекс качества инновационной политики Index of the quality of innovation policy
Барнаульская Barnaul	27	54	10	71	21
Кемеровская Kemerovo	40	34	64	52	23
Новосибирская Novosibirsk	11	10	20	22	12
Томская Tomsk	9	6	12	11	17

Относительно равномерное развитие всех составляющих общего рейтинга характерно только для Томской агломерации. Значительный разрыв в показателях среди агломераций объясняется, прежде всего, различиями в стартовых условиях, что позволит и в дальнейшем привлекать к себе фирмы и развиваться за счет регионов с менее благоприятными стартовыми условиями.

Надо полагать, что инновационный разрыв соседних агломераций в ближайшей перспективе сохранится. Обоснованным является вывод о сформированности региональных инновационных пространств в Новосибирской и Томской агломерациях, но и они не обеспечивают адекватных макроэкономических показателей [11].

В расчете индексов развития инновационной среды регионов вес каждого индекса различен. Хорошим маркером инновационной деятельности может служить количество выданных патентов на изобретения, а не количество опубликованных статей (таблица 2).

Наиболее сильные стороны инновационной деятельности Новосибирской и Томской агломераций в результативности научных исследований, в частности, в количестве выданных патентов на изобретения (таблица 3).

Показатели результативности инновационной деятельности агломераций, 2016 г. [10,12,13]
Table 2.

Performance indicators of innovation in Agglomeration 2016 year [10,12,13]

Агломерация Agglomeration	ВРП на душу населения (тыс. руб.) GRP per capita (thousand rubles)	Количество статей, опубликованных в журналах, индексируемых в РИНЦ, в расчете на 10 исследователей The number of articles published in journals indexed in Russian science citation index, per 10 researchers	Количество патентов на изобретения Number of patents for inventions	Результативность научных исследований и разработок (ранг в рейтинге) Effectiveness scientific research and development (rank in ranking)	Отношение объема поступлений от экспорта технологий к ВРП (в расчете на 1 тыс. руб. ВРП) (ранг в рейтинге) The ratio of revenues from technology exports to GRP (per 1 thousand. RUB GRP) (rank in ranking)
Барнаулская Barnaul	210,4	32	130	71	52
Кузбасская Kemerovo	316,3	12	79	45	47
Новосибирская Novosibirsk	391,4	58	202	14	15
Томская Tomsk	451,8	43	126	13	36

Показатели результативности патентной деятельности агломераций (1997–2014) [14]
Table 3.

Performance indicators of patent activity Agglomeration (1997–2014) [14]

Показатели Indicators	Агломерация Agglomeration	Уровень Level
Результативность патентной динамики The impact of patent Dynamics	Барнаулская, Кемеровская, Новосибирская, Томская Barnaul, Kemerovo, Novosibirsk, Tomsk	Высокий High
Результативность патентной динамики по внедрению в производство The impact of patent application of Dynamics	Барнаулская, Кемеровская, Новосибирская, Томская Barnaul, Kemerovo, Novosibirsk, Tomsk	Низкий low
Уровень использования изобретательной активности Level of inventive activity	Барнаулская, Томская Barnaul, Tomsk	Низкий low
	Кемеровская, Новосибирская Kemerovo, Novosibirsk	Умеренный Moderate

Таким образом, все четыре агломерации показывают высокий уровень результативности патентной динамики и низкий и умеренный уровень использования патентов [14]. Налицо недополученный эффект от патентной деятельности во всех агломерациях.

Какие бы меры не предпринимались на уровне региональной политики, преодолеть имеющийся инновационный разрыв соседних агломераций не реально.

Неравномерность развития инновационной среды регионов углубляется и в результате конкуренции за студента, что при отсутствии государственной политики распределения выпускников для РФ чревато еще большим

региональным расслоением. Вузы конкретного региона воспринимают экспансию соседних вузов «на свою территорию» со знаком минус. Вместе с тем крупные вузы стремятся расширить пространство своей образовательной деятельности за пределы данного региона. Особенно наглядно проявляется конкуренция Новосибирской, Кемеровской и Томской агломераций по привлечению потенциальных студентов. Практика последнего десятилетия показывает, что произошло сокращение количества студентов во всех названных агломерациях. Однако за это же время количество студентов на 10 тыс. населения в соседних агломерациях изменилось в пользу вузов Новосибирска и Томска (таблица 4).

Численность студентов государственных вузов на 10 тыс. человек населения [15]

Table 3.

Number of students of State higher educational institutions on 10 000 population [15]

Агломерации Agglomeration	2005 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Барнаульская Barnaul	146	148	223	246	291
Кузбасская Kemerovo	132	134	237	276	309
Новосибирская Novosibirsk	282	256	486	554	555
Томская Tomsk	420	343	674	757	767

Надо полагать, что в ближайшее время тенденции сохранятся. При этом географическая близость образовательного пространства регионов важна для обмена знаниями. Известен опыт трансграничных агломераций (cross-border agglomerations), расположенных на территории разных государств. Может возникнуть эффект совокупного регионального обучения, что, в свою очередь, приведет к необходимости создания более сложных систем образования.

Решение проблемы неравномерности инновационного пространственного развития возможно путем формирования межрегиональных инновационных кластеров макрорегионов. Преимуществами географического положения Алтайской и Кузбасской агломераций является соседство с регионами-инноваторами: Новосибирской и Томской агломерациями. Появляется возможность использовать эффект географической близости. В Новосибирской агломерации формируется два кластера: в сфере информационных и телекоммуникационных технологий «СибАкадемСофт» и биофармацевтический. Томская агломерация представлена кластерами фармацевтики и медицинской техники, информационной технологии и электроники. В Алтайской агломерации формируется биофармацевтический кластер, в Кузбасской – комплексная переработка угля и техногенных отходов [16]. Таким образом, в трех соседних агломерациях создаются кластеры одной направленности: биофармацевтические и информационной технологии.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Семенов А.В. Основные факторы и свойства инновационной среды // Российское предпринимательство. 2012. № 18 (240). С. 54–59.
- 2 Вахрушев Д.С. Инновационная среда как значимый фактор формирования инновационной экономики: институциональный подход // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». 2015. № 1. С. 5–8
- 3 Кармышев Ю.А., Иванова Н.В. Категории «регион» и «инновационная среда региона»: научные подходы к пониманию сущности и содержания // Социально-экономические явления и процессы. 2015. Т.10. № 7. С. 41–47.

Генерируются условия для конкуренции за интеллектуальные ресурсы. Как правило, целью региональной инновационной политики является создание условий для развития инновационной среды в своем регионе [17]. Полагаем, что в данной ситуации наибольший результат может дать кооперация соседних инновационных пространств [18]. Для этого необходим координирующий межрегиональный орган.

Заключение

Теоретические подходы к разграничению категорий «инновационная среда региона» и «пространственная инновационная среда» дают основание для осуществления адекватной государственной инновационной политики. Инновационная политика в стране возможна либо путем государственной поддержки регионов – инноваторов, либо путем региональной инновационной политики по созданию условий для инноваций в каждом регионе. Для российских регионов, имеющих существенные различия в социально-экономическом развитии и различные стартовые условия в создании инновационных сред оптимальным является кооперация в решении инновационных задач. В этом случае возникает пространственная инновационная среда, перерастающая границы конкретных регионов. Создание инновационных кластеров макрорегионов может дать положительный эффект.

- 4 Воейкова О.Б., Лячин В.И. Категориальное определение инновационного пространства // Вестник СибГАУ. 2015. Т.16. № 4. С. 1014–1021.

- 5 Зобова Л.Л. Территория и пространство: близнецы или двойняшки? // Региональная экономика: теория и практика. 2008. № 33. С. 6–12.

- 6 Perspectives on spatial dynamics: cities, culture and environment // Asia-Pac J Reg Sci. 2017. №1. P. 133–153 doi: 10.1007/s41685-017-0037-1 URL: <https://slideheaven.com/comparing-a-spatial-structure-of-innovation-network-between-korea-and-japan-thro.html>

- 7 Crevoisier O., Jeannerat H. The Territorial knowledge dynamics: from the proximity paradigm to multi-location milieus // European Planning Studies. 2009. № 17. P. 1223–1241.

- 8 Bucciarelli E., Giulioni G., Ciommi M., Affortunato F. Assessing local knowledge dynamics: Regional Knowledge Economy Indicators // International Journal of Human and Social Sciences. 2010. Vol. 5. № 11. P.703–708.
- 9 Wineman J., Hwang Y., Kabo F., Owen-Smith J., Davis G. How Space Augments the Social Structures of Innovation // ARCC 2013 Architectural Research Conference hosted by the University of North Carolina at Charlotte. 2013. P.719. URL: www.arcc-journal.org/index.php/repository/article/
- 10 Рейтинг инновационного развития субъектов Российской Федерации. Выпуск 5 / Абдрахманова Г.И., Бахтин П.Д., Гохберг Л.М. [и др.]; под ред. Л.М. Гохберга; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ, 2017. 260 с.
- 11 Нуреев Р.М., Симаковский С.А. Сравнительный анализ инновационной активности российских регионов // Terra economicus. 2017. Т. 15. № 1. С. 130–147. doi: 10.18522/2073-6606-2017-15-1-130-147.
- 12 Валовый региональный продукт на душу населения по субъектам Российской Федерации в 1998-2016 гг. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki>
- 13 Федеральная служба государственной статистики. Регионы России. Социально-экономические показатели 2017 г. URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/b17_14p/Main.htm
- 14 Амирова Р.И. Оценка инновационной активности в регионах России // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3. Экономика. Экология. 2017. № 1 (38). С. 23–29. doi: 10.15688/jvolsu3.2017.1.3
- 15 Федеральная служба государственной статистики URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/b03_33/
- 16 Об итогах проведения конкурсного отбора программ развития территориальных кластеров на включение в проект Перечня пилотных программ развития инновационных территориальных кластеров, утверждаемый Правительством Российской Федерации URL: http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/innovations/politic/doc20120619_03
- 17 Баутин В.М., Филатова М.В., Абубакар К., Крис О.Э. Механизм развития интеграционных процессов в регионе // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Т. 79. № 2. С. 225–230. doi: 10.20914/2310-1202-2017-2-225-230
- 18 Zobova L.L., Shabashev V.A. The problem of providing food resources in urban agglomerations (the case study of the kuzbass agglomeration) // Foods and Raw Materials. 2016. V. 4. № 1. P. 186–196. doi: 10.21179/2308-4057-2016-1-186-196
- 3 Karmyshev Y.A., Ivanova N.V. Categories "region" and "innovative environment of the region": scientific approaches to understanding the essence and content. *Sotsialno-ekonomicheskie yavleniya i protsessy* [Social and economic phenomena and processes]. 2015. vol.10. no. 7. pp. 41–47. (in Russian).
- 4 Voeykova O. B., Lyachin V.I. Categorical definition of innovation space. *Vestnik SibGAU* [Vestnik of SibSAU]. 2015. vol. 16. no. 4. pp. 1014–1021. (in Russian).
- 5 Zobova L.L. Territory and space: twins or twins? *Regionalnaya ekonomika: teorij i praktika* [Regional economy: theory and practice]. 2008. no. 33. pp. 6–12. (in Russian)
- 6 Perspectives on spatial dynamics: cities, culture and environment. *Asia-Pac J Reg Sci*. 2017. no. 1. pp. 133–153. doi: 10.1007/s41685-017-0037-1 Available at: <https://slideheaven.com/comparing-a-spatial-structure-of-innovation-network-between-korea-and-japan-thro.html>
- 7 Crevoisier O., Jeannerat H. Territorial knowledge dynamics: from the proximity paradigm to multi-location milieus. *European Planning Studies*. 2009. no. 17. pp. 1223–1241.
- 8 Bucciarelli E., Giulioni G., Ciommi M., Affortunato F. Assessing local knowledge dynamics: Regional Knowledge Economy Indicators. *International Journal of Human and Social Sciences*. 2010. vol. 5. no. 11. pp.703–708.
- 9 Wineman J., Hwang Y., Kabo F., Owen-Smith J., Davis G. How Space Augments the Social Structures of Innovation. ARCC 2013 Architectural Research Conference hosted by the University of North Carolina at Charlotte. 2013. P.719. Available at: www.arcc-journal.org/index.php/repository/article/
- 10 Abdrahmanova G.I., Bahtin P.D., Gohberg L.M. et. al. Rejting innovacionnogo razvitiya sub"ektov Rossijskoj Federacii. Vypusk 5 [The rating of innovative development of subjects of the Russian Federation. Issue 5]. L. Gokhberg (ed.); National Research University Higher School of Economics. Moscow, HSE, 2017. 260 p. (in Russian).
- 11 Nureev R.M., Simakovskiy S.A. Comparative analysis of innovative activity of Russian regions. *Terra economicus* [Terra economicus]. 2017. vol. 15, no. 1. pp. 130–147. (in Russian). doi: 10.18522/2073-6606-2017-15-130-147
- 12 Valovyy regional'nyj produkt na dushu naseleniya po sub"ektam Rossijskoj Federacii v 1998-2016 gg [Gross regional product per capita by subjects of the Russian Federation in 1998–2016]. Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (in Russian).
- 13 Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki. Regiony Rossii. Social'no-ehkonomicheskie pokazateli 2017 [Federal state statistics service. Region of Russia. Socio-economic indicators 2017]. Available at: http://www.gks.ru/bgd/regl/b17_14p/Main.htm (in Russian)
- 14 Amirova R.I. Evaluation of innovation activity in the regions of Russia. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3. Ehkonomika. Ehkologiya* [Science Journal of Volgograd State University. Global Economic System]. 2017. no. 1(38), pp. 23–29. (in Russian). doi: <https://doi.org/10.15688/jvolsu3.2017.1.3>
- 15 Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki [Federal State statistics service] Available at: http://www.gks.ru/bgd/regl/b03_33/ (in Russian).

REFERENCES

- 1 Semenov A.V. The main factors and properties of the innovation environment. *Rossiyskoe predprinimatel'stvo* [Russian business]. 2012. no. 18 (240). pp. 54–59. (in Russian).
- 2 Vakhrušev D.S. Innovative environment as a significant factor in the formation of innovative economy: institutional approach. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya «Ekonomika i ekologičeskii menedzhment»* [The scientific journal ITMO University. Series «Economics and environmental management»]. 2015. no. 1. pp. 5–8. (in Russian).

16 Ob itogah provedeniya konkursnogo otbora programm razvitiya territorial'nyh klasterov na vkluchenie v projekt Perechnya pilotnyh programm razvitiya innovacionnyh territorial'nyh klasterov, utverzhdaemyj Pravitel'stvom Rossijskoj Federacii [On the results of the competitive selection of programs for the development of territorial clusters for the inclusion in the project of Variable Pilot Programs for the Development of Innovative Territorial Clusters, approved by the Government of the Russian Federation]. Available at: http://economy.gov.ru/minrec/activity/sections/innovations/politic/doc20120619_03 (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Людмила Л. Зобова д.э.н., профессор, кафедра экономической теории и государственного управления института экономики и управления, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, Кемерово, 650000, Россия, llzob@mail.ru

Елена К. Евдокимова к.э.н., доцент, кафедра экономической теории и государственного управления института экономики и управления, Кемеровский государственный университет, ул. Красная, 6, Кемерово, 650000, Россия, elena_evdokimova@inbox.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Людмила Л. Зобова консультация в ходе исследования

Елена К. Евдокимова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 27.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 31.05.2018

17 Bautin V.M., Filatova M.V., Abubakar K., Kris O.J. Mechanism of development of integration processes in the region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii* [Proceedings of the Voronezh state University of engineering technologies]. 2017. vol. 79. no. 2. pp. 225–230. (in Russian). doi: 10.20914/2310-1202-2017-2-225-230

18 Zobova L.L., Shabashev V.A. The problem of providing food resources in urban agglomerations (the case study of the kuzbass agglomeration). *Foods and Raw Materials*. 2016. vol. 4. no. 1. pp. 186–196. doi: 10.21179/2308-4057-2016-1-186-196

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Lyudmila L. Zobova Dr. Sci. (Econ.), associate professor, Economic theory and public administration of the Institute of Economics and management department, Kemerovo State University, Krasnaya str., 6, Kemerovo, 650000, Russia, llzob@mail.ru

Elena K. Evdokimova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, Economic theory and public administration of the Institute of Economics and management department, Kemerovo State University, Krasnaya str., 6, Kemerovo, 650000, Russia, elena_evdokimova@inbox.ru

CONTRIBUTION

Lyudmila L. Zobova consultation during the study

Elena K. Evdokimova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.27.2018

ACCEPTED 5.31.2018

Формирование и использование человеческого потенциала сельских территорий

Василий А. Богуцкий¹ bogu0002@yandex.ru

Анна Г. Волкова² ppivolk@mail.ru

¹ Воронежский филиал РАНХиГС, Московский пр., 143, г. Воронеж, 394000, Россия

² НИИЭОАПК ЦЧР России, ул. Серафимовича, 26а, г. Воронеж, 394042, Россия

Реферат. В статье раскрываются ограничения и возможности формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий в современных транзитивных условиях российской экономики. Авторами раскрываются особенности и ограничения управления развитием человеческого потенциала сельских территорий, обосновывается необходимость учета специфических рисков. Целью научного исследования авторов, с итогами которого можно ознакомиться в статье, являлось выявление типовых проблем формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий, обзор их рисков развития, способных ощутимо повлиять на динамику роста человеческого потенциала исследуемых территорий. Для достижения цели научного исследования авторами были последовательно решены следующие задачи: прослежена эволюция интереса теоретиков и практиков менеджмента к вопросам устойчивого развития человеческого потенциала сельских территорий, проведена оценка потенциала формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий Воронежской области, намечены пути преодоления негативных тенденций в сфере формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий Воронежской области, выявлены условия формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий Воронежской области. Авторами проведен поиск возможностей и направлений формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий на примере Воронежской области. В статье рассматривается элементный состав организационно-управленческого механизма реализации процесса формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий Воронежской области. Авторы уделяют внимание проблематике поддержания эффективной организационной структуры управления процессом формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий Воронежской области, они вносят предложения по координации реализации процесса и корректировки формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий Воронежской области.

Ключевые слова: человеческий потенциал; формирование человеческого потенциала; управление развитием человеческого потенциала сельских территорий

Formation and use of human potential of rural areas

Vasiliy A. Bogutskiy¹ bogu0002@yandex.ru

Anna G. Volkova² ppivolk@mail.ru

¹ Voronezh branch of Ranepa, Moskovskiy pr. 143, Voronezh, 394000

² Scientific-Research Institute of Economics and Organization of Agroindustrial Complex of Central Black Earth Region of the Russian Federation, Serafimovicha str. 26a, Voronezh, 394042, Russia

Summary. The article reveals the limitations and possibilities of formation and use of human potential of rural areas in the modern transitive conditions of the Russian economy. The authors reveal the features and limitations of human development management in rural areas, substantiate the need to take into account specific risks. The purpose of the authors' research, the results of which can be found in the article, was to identify typical problems of formation and use of human potential of rural areas, a review of their development risks that can significantly affect the dynamics of human potential growth of the studied areas. To achieve the goal of the research, the authors have consistently solved the following problems: the evolution of the interest of theorists and practitioners of management to the sustainable development of human potential of rural areas, the assessment of the potential of formation and use of human potential of rural areas of the Voronezh region, outlined ways to overcome negative trends in the formation and use of human potential of rural areas of the Voronezh region, conditions of formation and use of human potential of rural areas of the Voronezh region are revealed. The authors conducted a search for opportunities and directions of formation and use of human potential of rural areas on the example of the Voronezh region. The article discusses the elemental composition of the organizational and management mechanism of the process of formation and use of human potential of rural areas of the Voronezh region. The authors pay attention to the problems of maintaining an effective organizational structure of management of the process of formation and use of human potential of rural areas of the Voronezh region, they make proposals for the coordination of the process and adjustment of the formation and use of human potential of rural areas of the Voronezh region.

Keywords: human potential, formation of human potential; management of human potential development in rural areas

Для цитирования

Богуцкий В.А., Волкова А.Г. Формирование и использование человеческого потенциала сельских территорий // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 471–477. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-471-477

For citation

Bogutskiy V.A., Volkova A.G. Formation and use of human potential of rural areas. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 471–477. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-471-477

Введение

Исследованию вопросов устойчивого развития человеческого потенциала сельских территорий посвящено множество публикаций, в которых излагаются различные подходы к трактовке понятий «человеческий потенциал», «устойчивость развития сельских территорий», «потенциал развития сельских территорий», к проблемам устойчивости развития экономики сельских территорий, классификации, структуре и методам оценки человеческого потенциала, индикаторам и показателям социально-экономического развития экономик сельских территорий [8].

Стратегическое управление человеческим потенциалом территорий в реформенный и постреформенный период отличается рядом особенностей. В 90-е годы органами государственной власти акцент ставился на развитие человеческого потенциала городских территорий. Большинство проектов не были утверждены и носили рекомендательный характер. В постреформенный период развития менеджмента человеческих ресурсов на государственном и муниципальном уровне формируются основы стратегического управления человеческим потенциалом, создается институциональная база. На третьем современном этапе развития реализуется комплексный подход к управлению человеческим потенциалом территорий, в том числе и на уровне сельских поселений, что обоснованно не только необходимостью обеспечения продовольственной безопасности страны и решением задач импортозамещения, но и пониманием того, что подъем сельского хозяйства теснейшим образом связан с социальным развитием села и повышением уровня жизни сельского населения [1].

Признавая большую значимость опубликованной за последнее время литературы и выполненных исследований в указанном направлении, необходимо отметить отсутствие единства позиций и мнений по вышеперечисленным вопросам, что определяет необходимость систематизации опубликованных научных результатов и поиска новых путей исследования в указанных направлениях.

В настоящее время научным сообществом осознается и признается специфика методических подходов к проблемам формирования и использования человеческого потенциала территорий в России и за рубежом. Российские ученые используют термин «человеческий потенциал», а их зарубежные коллеги термин «человеческое развитие» [11]. Несмотря на рассогласованность терминов, и в России, и за рубежом исследователями общепризнан подход Т.И. Заславской, в соответствии с которым в структуре человеческого потенциала территории

выделяется четыре взаимосвязанных компонента: социально-демографический (физическое и психическое здоровье, уровень и качество образования граждан); социально-экономический (квалификация, профессионализм, востребованность труда, уровень и структура занятости, степень реализации трудовых и интеллектуальных ресурсов); социокультурный (нормативно-ценностное сознание, убеждения, верования, уважение к закону и праву, уровень морали и нравственности, мотивации, типы поведения); деятельностный потенциал (предприимчивость, инициатива) [4, 5].

Следует отметить, что большинство российских исследователей изучают проблемы формирования и использования человеческого потенциала на уровне регионов, в редких случаях сужая сферу своего научного интереса до уровня городских округов. Таким образом, даже несмотря на то что в некоторых трудах присутствуют территориальные особенности [6], теоретические и практические аспекты управления развитием человеческого потенциала сельских территорий раскрыты не полностью. Ряд исследователей (например, В.Г. Новиков) проводит обзор проблем сельских территорий, но это носит формальный характер [11].

Тем не менее, российские исследователи, изучая особенности сельских территорий, отмечают, что носителем человеческого потенциала выступает сельское сообщество, а ключевую роль играют хозяйствующие субъекты, специализирующиеся на производстве сельскохозяйственной продукции [6]. Большинство ученых признают, что формирование и использование человеческого потенциала сельских территорий связано с обеспечением условий самовоспроизводства, а также с улучшением условий жизни сельского населения.

Оценка потенциала формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий Воронежской области

Актуальность решения вопросов планирования формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий Воронежской области обусловлена преобразованиями экономического уклада жизни региона в условиях нестабильной экономики. Сегодня процессы стратегического планирования формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий Воронежской области реализуются во всех муниципальных образованиях. Растет роль организующих способностей местных властей, объединяющих различные субъекты экономики с различными интересами на территории муниципального образования для достижения общих целей.

В муниципальных образованиях Воронежской области осуществляют планирование формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий Воронежской области, используя опыт западных ученых и отечественные разработки: создаются новые управления, занимающиеся специфическими вопросами (управление развития сельской территории и охраны природы, управление территориального развития, информационно-аналитическое управление). Сельские администрации реорганизованы в территориальные отделы.

В современных условиях рыночных отношений перед органами местного самоуправления стоит задача согласования интересов всех субъектов муниципального образования, что даст возможность эффективно развиваться сельским территориям. Назрела необходимость долгосрочного планирования и разработки стратегий развития человеческого потенциала сельских поселений Воронежской области.

Руководство области придает большое значение управлению формированием и использованием человеческого потенциала сельских территорий на основе принципов стратегического планирования. В этих целях был разработан проект «Стратегии развития Воронежской области до 2035 года» [2].

В соответствии с базовым сценарием устойчивого развития в качестве общей стратегической цели развития региона на период до 2035 года. определено достижение высокого качества стандартов жизни и условий, при которых это состояние может сохраняться в долгосрочной перспективе. Стратегия ориентирует регион на повышение качества жизни населения.

Основными направлениями развития сельских поселений Воронежской области определены приоритеты в сфере устойчивого развития человеческого потенциала:

- человеческий капитал;
- укрепление здоровья населения округа;
- совершенствование условий для всестороннего развития жителей;
- улучшение социального климата на территории муниципальных образований.

Главная цель заключается в обеспечении качества жизни населения, соответствующего современным стандартам материального и духовного благополучия населения.

Исследования рынка труда показывают, что особо неблагоприятными в вопросах формирования и развития человеческого капитала являются территории с аграрной специализацией. Это наименее развитые в экономическом отношении муниципальные образования. Демографическая ситуация в сельских поселениях

Воронежской области стабильно тяжелая, последние годы численность населения уменьшается. Среди демографических проблем на первом месте стоит низкий уровень рождаемости в совокупности с высокой смертностью. Несмотря на то что на сельских территориях активно реализуются федеральные и региональные программы, направленные на улучшение демографической ситуации, демографический потенциал сельских поселений оценивается как незначительный, что соответствует сохраняющейся тенденции депопуляции населения. Особую озабоченность вызывает значительная доля пенсионеров, которая составляет почти 30% от общей численности населения, и возможный отток молодежи.

Острым остается вопрос занятости. Обеспечение занятости населения не отнесено к вопросам местного значения, но эта сфера неразрывно связана как с экономическим, так и социальным развитием округа. Проблемы занятости беспокоят жителей сельских территорий. Поэтому деятельность администраций муниципальных образований Воронежской области по стабилизации ситуации на рынке труда на перспективу должна быть направлена на активное содействие реализации на территории округа мероприятий областных целевых программ по созданию условий для роста занятости населения, развития малого и среднего бизнеса, осуществления инвестиционных проектов.

Обеспечение занятости должно привести к сбалансированности рынка труда, оптимизации профессионально-квалификационной структуры рабочей силы, ее соответствию перспективам развития экономики сельских поселений в увязке с государственной программой содействия занятости населению [10].

Одним из основных условий формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий является создание качественной социальной среды, которая обеспечит равенство социальных возможностей, станет препятствием к возникновению очагов социальной напряженности. Устойчивая социальная среда даст возможность эффективно использовать человеческий потенциал — главный источник экономического роста и социального прогресса.

Задачи в области развития социальной сферы для сельских территорий Воронежской области таковы:

- улучшение демографической ситуации;
- развитие инфраструктуры для обеспечения здорового образа жизни и физической активности населения, проведения досуга в соответствии с потребностью;

- создание благоприятных условий для повышения уровня культуры, здравоохранения и образования граждан;

- развитие гражданского общества и воспитание молодого поколения;

- обеспечение гарантированной социальной поддержки всем нуждающимся группам населения;

- обеспечение безопасных условий проживания.

Развитие малого предпринимательства является одним из стратегических факторов формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий Воронежской области. Значение и роль малого предпринимательства заключается в оптимизации структуры экономики, обеспечении условий для создания среднего класса населения, повышении уровня занятости населения, увеличении доходной части бюджета за счет расширения налогооблагаемой базы, снижении социальной напряженности и достижении в обществе политической стабильности.

Развитие малого и среднего предпринимательства в сельских поселениях Воронежской области приведет к достижению следующих социальных результатов: снижение безработицы; обеспечение занятости молодежи, уволенных в запас военнослужащих и трудоустройство других социально незащищенных категорий населения; повышение благосостояния населения; снижение общей социальной напряженности в обществе; насыщение потребительского рынка товарами и услугами; удовлетворение потребительского спроса населения.

Среди проблемных аспектов формирования и развития человеческого потенциала сельских территорий выделяются объективно детерминированные, которые требуют реализации адаптивных мероприятий по минимизации их негативного влияния на социально-экономическое развитие района в долгосрочном плане, в том числе:

- существенная зависимость экономики и социальной сферы сельских территорий от результатов деятельности органов публичной власти вышестоящего уровня;

- недостаточная доступность медицинского обслуживания;

- недостаточно развитая сфера досуга, нестабильное качество телекоммуникационных технологий и т. д.

Реализация целевого сценария процесса формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий Воронежской

области ориентирована на достижение следующих задач:

- снижение до минимального уровня в России масштабов бедности, сокращение резких социальных различий между городом и селом;

- обеспечение всеобщей доступности и устойчивого роста качества гарантированных социальных услуг для всех территорий области;

- развитие трудового потенциала и доведение уровня эффективности его использования до значений, соответствующих позициям лидера в ЦФО [7];

- значительное улучшение качества окружающей среды и экологических условий жизнедеятельности населения, динамика которого превышает общероссийские показатели;

- поддержание опережающих темпов экономического роста в промышленности и сельском хозяйстве по сравнению с общероссийскими показателями;

- обеспечение опережающего роста наукоемких производств, укрепление их позиций на отечественном рынке высокотехнологичной продукции;

- укрепление позиций на национальном рынке сельскохозяйственной продукции, освоение новых сегментов мирового рынка сельскохозяйственной продукции;

- развитие транспортной инфраструктуры, обеспечивающей повышение связанности территорий региона (городских и сельских), растущий транзит грузов.

В основу целевого сценария процесса формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий Воронежской области должны закладываться следующие характеристики:

- состояние и динамика макроэкономических параметров, определенных Минэкономразвития России на период до 2030 года;

- состояние и динамика мезоэкономических условий, определенных Департаментом экономического развития Воронежской области;

- траектория развития района, ориентированная на ускоренный тренд роста экономики;

- активное использование существующих и возможных конкурентных преимуществ района, включающих благоприятные природные условия для развития сельского хозяйства, наличие в районе крупного стабильно работающего промышленного предприятия; развитую транспортную и социальную инфраструктуру;

- эффективное использование и развитие социально-экономического потенциала района, реализация новых возможностей, открывающихся во внешней среде.

Экономический механизм формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий Воронежской области включает следующие элементы:

- развитие инфраструктуры поддержки всех форм занятости населения [9];

- участие в формировании системных кластеров, государственно-частных и муниципально-частных партнерств, обеспечивающих значительный приток инвестиций в экономику;

- участие в государственных программах, способствующих достижению стратегических целей формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий Воронежской области;

- привлечение и эффективное использование средств федерального, областного, районного бюджетов и внебюджетных средств для развития социальной сферы и общественной инфраструктуры Воронежской области, экономики отраслей реального сектора экономики;

- создание системы эффективного управления объектами муниципальной собственности районов Воронежской области;

- развитие конкурентной системы распределения заказов на оказание социальных услуг;

- развитие рыночной среды в сфере ЖКХ и конкурентных основ в сфере оказания социальных услуг;

- реализация политики ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

В ходе мониторинга процесса формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий должны решаться следующие задачи:

- стимулирование реализации процесса в целом и отдельных мер;

- оценка степени достижения целей формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий Воронежской области, предоставление информации для принятия решений о распределении ресурсов на достижение целей или о корректировке целей;

- оценка степени реализации мер, сбор информации для уточнения и корректировки мер.

Мониторинг процесса формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий Воронежской области включает в себя:

- мониторинг показателей (индикаторов) социально-экономического развития сельских территорий;

- подведение итогов реализации основных стратегических направлений развития сельских территорий;

- обеспечение своевременного и полного информирования участников реализации

процесса формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий о результатах и ходе реализации;

- мониторинг общественного мнения о реализации процесса формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий.

Организационно-управленческий механизм реализации процесса формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий Воронежской области включает следующие элементы:

- поддержание эффективной организационной структуры управления процессом формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий. Для координации реализации процесса и корректировки его целевых показателей следует создать координационный совет по реализации основных стратегических направлений формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий Воронежской области. В состав совета должны входить представители общественных организаций, предприниматели, депутаты сельских территорий;

- стратегическое планирование и прогнозирование развития экономики сельских территорий, важнейших отраслей и сфер деятельности;

- применение программно-целевых методов управления сельскими территориями;

- применение проектного подхода в управлении процессом формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий, в том числе разработке и реализации муниципальных целевых программ и проектов, конкретизирующих стратегию развития сельских территорий;

- создание стабильных условий осуществления инвестиционной деятельности путем оптимизации административных процедур, необходимых для предпринимательской деятельности;

- административный контроль за сроками и качеством осуществления ключевых стратегических программ и проектов развития сельских территорий.

Преодоление негативных тенденций в сфере формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий Воронежской области связано с усилением инвестиционной и инновационной направленности экономического роста и опирается на реализацию органами публичной власти активной политики, направленной на индустриализацию, включая структурную и технологическую модернизацию экономики, внедрение продуктовых и процессных инноваций.

Сохранившийся в среднесрочной перспективе рост промышленного и сельскохозяйственного производства станет в долгосрочной перспективе определяющим внутренним фактором для ускорения роста инвестиционной активности, что должно обеспечить материальную базу для развития человеческого потенциала сельских территорий Воронежской области.

Заключение

Эффективный механизм формирования и использования человеческого потенциала сельских территорий ориентирован на сокращение резких социальных различий между городом и селом, а также обеспечение всеобщей доступности

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Прогноз долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2030 года. URL: http://economy.gov.ru/minrec/activity/sections/macros/prognnoz/doc20130325_06
- 2 Об утверждении методических рекомендаций по разработке стратегии социально-экономического развития муниципального района (городского округа) Воронежской области. (приказ департамента экономического развития Воронежской области № 51–13–09/179-о от 21 декабря 2016 года). URL: <http://pravo.govvm.ru/>
- 3 Бондаренко Л.В. Развитие сельских территорий России: оценки, мнения, ожидания // Социологические исследования. 2016. № 3. С. 76–82.
- 4 Заславская Т.И. Двадцать лет российской трансформации. Человеческий потенциал в современном трансформационном процессе // Общественные науки и современность. 2005. № 4. С. 13–25.
- 5 Заславская Т.Н. Человеческий потенциал в современном трансформационном процессе // Общественные науки и современность. 2005. № 3. С. 13–25.
- 6 Москвина Е.А. Состояние человеческого потенциала сельских территорий Вологодской области // Проблемы развития территории. 2013. № 5. С. 71–79.
- 7 Сабетова Т.В. Перспективы качественных параметров трудового потенциала // Нормирование и оплата труда в промышленности. 2014. № 7. С. 46–52.
- 8 Сабетова Т.В. Диверсификация экономики сельских территорий и ее обеспечение ресурсами // Актуальные проблемы социально-экономического развития региона: сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции. 2016. С. 191–195.
- 9 Леонидова Г.В., Чекмарева Е.А., Советов П.М., Панов М.М. Трудовой потенциал сельских территорий: методологические аспекты оценки: препринт. Вологда: ИСЭРТ РАН, 2015. 78 с.
- 10 Abstein A., Spieth P. Exploring HRM meta-features that foster employees' innovative work behaviour in times of increasing work-life conflict // Creativity and Innovation Management. 2014. P. 1–15.
- 11 Aizenman J., Jinjark Y., Ngo N. Vocational Education, Manufacturing, and Income Distribution: International Evidence and Case Studies // Open Economies Review. 2018. V.29. № 3. P. 641–664.
- 12 Rosengren E.S. Estimating Key Economic

и устойчивого роста качества гарантированных социальных услуг для всех территорий. Органам публичной власти и бизнес-сообществу необходимо прилагать усилия по развитию трудового потенциала и значительному улучшению качества окружающей среды и экологических условий жизнедеятельности населения.

На современном этапе трансформации российской экономики возможности развития человеческого потенциала сельских территорий связаны, в первую очередь, с использованием бюджетных средств в рамках участия в государственных программах Воронежской области, а также в перспективных инновационных проектах сферы малого и среднего предпринимательства.

Variables: The Policy Implications // Atlantic Economic Journal. 2018. V.46. № 2. P.139–150.

13 Salemin K., Strijker D., Bosworth G. Rural development in the digital age: A systematic literature review on unequal ICT availability, adoption, and use in rural areas // Journal of Rural Studies. 2017. V. 54. P. 360–371.

14 Correa T., Pavez I. Digital inclusion in rural areas: A qualitative exploration of challenges faced by people from isolated communities // Journal of Computer Mediated Communication. 2016. V. 21. №. 3. P. 247–263.

REFERENCES

- 1 Prognoz dolgosrochnogo social'no-ehkonomicheskogo razvitiya RF na period do 2030 goda [Forecast of long-term social and economic development of the Russian Federation till 2030] Available at: http://economy.gov.ru/minrec/activity/sections/macros/prognnoz/doc20130325_06 (in Russian).
- 2 Ob utverzhdenii metodicheskikh rekomendacij po razrabotke strategii social'no-ehkonomicheskogo razvitiya municipal'nogo rajona (gorodskogo okruga) Voronezhskoj oblasti [On approval of guidelines for the development of a strategy for the socio-economic development of the municipal district (city district) of the Voronezh region (order of the department of economic development of the Voronezh region No. 51–13–09 / 179 dated December 21, 2016)]. Available at: <http://pravo.govvm.ru/> (in Russian).
- 3 Bondarenko L.V. Rural area development in Russia: assessments, opinions, expectations. *Sotsiologicheskiye issledovaniya* [Sociological researches]. 2016. no. 3. pp. 76–82. (in Russian).
- 4 Zaslavskaya T.I. Twenty years of Russian transformation. Human potential in contemporary transformation process. *Obshchestvennye nauki i sovremennost* [Social sciences and the modern era]. 2005. no. 4. pp. 13–25. (in Russian).
- 5 Zaslavskaya T.N. Human potential in the modern transformation process. *Obshchestvennye nauki i sovremennost* [Social sciences and modernity]. 2005. no. 3. pp. 13–25. (in Russian).
- 6 Moskvina E.A. The human potential condition in rural areas of Vologda region. *Problemy razvitiya territorii* [Development problems of a territory]. 2013. no. 5. pp. 71–79. (in Russian).
- 7 Sabetova T.V. The prospects of human potential's quality parameters. *Normirovanie i oplata truda v promyshlennosti* [Labour rate setting and remuneration in

industry]. 2014. no. 7. pp. 46-52. (in Russian).

8 Sabetova T.V. Diversification of rural economy and its resources. Aktual'nye problemy social'no-ehkonomicheskogo razvitiya regiona [Actual problems of socio-economic development of the region: a collection of scientific papers on the materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference.], 2015, vol. 23. pp. 21–25. (in Russian).

9 Leonidova G.V., Chekmareva E.A., Sovetov P.V., Panov M.I. Trudovoj potencial sel'skih territorij: metodologicheskie aspekty ocenki: preprint [Labour potential of rural areas: methodological aspects of assessment: preprint]. Vologda, ISERT RAN, 2015. 78 p. (in Russian).

10 Abstein A., Spieth P. Exploring HRM meta-features that foster employees' innovative work behaviour in times of increasing work-life conflict.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Василий А. Богущий аспирант, НИИЭОАПК ЦЧР России, ул. Серафимовича, 26а, г. Воронеж, 394042, Россия, bogu0002@yandex.ru

Анна Г. Волкова к.э.н., доцент, кафедра экономики, финансов и менеджмента, Воронежский филиал РАНХиГС, Московский пр., 143, г. Воронеж, 394000, Россия, ppivolk@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Василий А. Богущий обобщил материал, построил выводы и несет ответственность за плагиат

Анна Г. Волкова систематизировала информацию, написала рукопись

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 29.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 19.08.2018

Creativity and Innovation Management. 2014. pp. 1–15.

11 Aizenman J., Jinjark Y., Ngo N. Vocational Education, Manufacturing, and Income Distribution: International Evidence and Case Studies. Open Economies Review. 2018. vol. 29. no. 3. pp. 641-664.

12 Rosengren E.S. Estimating Key Economic Variables: The Policy Implications. Atlantic Economic Journal. 2018. vol.46. no. 2. pp.139-150.

13 Saleemink K., Strijker D., Bosworth G. Rural development in the digital age: A systematic literature review on unequal ICT availability, adoption, and use in rural areas. Journal of Rural Studies. 2017. vol. 54. pp. 360-371.

14 Correa T., Pavez I. Digital inclusion in rural areas: A qualitative exploration of challenges faced by people from isolated communities. Journal of Computer Mediated Communication. 2016. vol. 21. no. 3. pp. 247-263.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Vasiliy A. Bogutskiy graduate student, Scientific-Research Institute of Economics and Organization of Agroindustrial Complex of Central Black Earth Region of the Russian Federation, Serafimovicha str. 26a, Voronezh, 394042, Russia, bogu0002@yandex.ru

Anna G. Volkova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economics, finance, and management department, Voronezh branch of Ranepa, Moskovskiy pr. 143, Voronezh, 394000, Russia, ppivolk@mail.ru

CONTRIBUTION

Vasiliy A. Bogutskiy integrated the information, drew results and is responsible for plagiarism

Anna G. Volkova organized the information, wrote the manuscript

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.29.2018

ACCEPTED 8.19.2018

Анализ и ранжирование факторов формирования и развития инновационного поведения в организациях

Татьяна В. Сабетова¹ tsabetova@mail.ru
Марина В. Пономаренко² marina307@inbox.ru

¹ Воронежский ГАУ, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия

² Ставропольский ГАУ, пер. Зоотехнический, 12, г. Ставрополь, 355017, Россия

Реферат. Статья посвящена проблеме выявления степени влияния ряда факторов на формирование инновационного поведения сотрудников организаций и их групп. По мнению авторов, инновационная активность сотрудников требует, с одной стороны, их собственных способностей и мотивации, а с другой стороны, готовности организации и предоставления работникам необходимых ресурсов как для создания, так и реализации идей и проектов. Авторы не отрицают влияния национальной деловой культуры на особенности инновационного поведения и указывают на необходимость учета этих особенностей. Однако они отрицают существование национальных черт, заведомо делающих инновационное развитие одной страны более легким, чем других, и потому считают опыт разных стран достойным изучения, но при этом его внедрение считают возможным только после критического переосмысления для существующих реалий. Авторы указывают, что инновационное поведение сотрудников формируется под воздействием факторов, которые можно условно разделить на зависящие и не зависящие от действий менеджмента, причем именно первые представляют особый интерес в силу возможности управления ими. Среди них выделены факторы, связанные с особенностями стиля управления; характеристики рабочего места и должностных обязанностей; связанные с межличностными и межгрупповыми отношениями, а также организационные факторы. Влияние основных факторов каждой группы проанализировано и оценено либо с позиций положительного или отрицательного воздействия на формирование инновационного поведения, либо с позиций силы влияния. Отталкиваясь от опыта китайских коллег, проведено сравнительное ранжирование факторов, определяющих инновационность поведения, по степени их значимости. При этом выявлено сходство факторов, определяющих инновационность поведения сотрудников китайских и российских компаний, однако существенные различия в степени такого влияния. В результате ключевыми факторами успеха при формировании инновационного поведения сотрудников авторы назвали поддержку руководства; наличие ресурсов всех типов; систему вознаграждения за труд; состав и структуру коллектива и кооперацию.

Ключевые слова: инновационное поведение, стратегия, факторы, стимулирование, отношения, корпоративная культура

Analysis and ranging of the factors of formation and development of innovative behaviour in organizations

Tatiana V. Sabetova¹ tsabetova@mail.ru
Marina V. Ponomarenko² marina307@inbox.ru

¹ Voronezh State Agricultural University, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia

² Stavropol State Agricultural University, Zootekhnicheskii lane, 12, Stavropol, 355017, Russia

Summary. The article considers the problem of determination of the degree of influence of a number of factors on formation of innovative behavior of employees and their groups in organizations. According to the authors' opinion, innovative activity of employees requires, on the one hand, their own abilities and motivation, and on the other hand, readiness of the organization and provision of necessary resources for employees both for creation and implementation of ideas and projects. The authors do not deny the influence of the national business culture on the features of innovative behavior and point out the need to take into account these features. However, they deny the existence of national features that obviously make innovation development of one country easier than others, and therefore consider the experience of different countries worthy of study, but at the same time its implementation is considered possible only after a critical rethinking for existing conditions. The authors point out that innovative behavior of employees is formed under the influence of factors that can be conditionally divided into those dependent and independent of management actions, the former being of particular interest due to the possibility of controlling them. Among them the following groups of factors are identified: (i) related to the peculiarities of management style; (ii) characteristics of the workplace and job responsibilities; (iii) factors related to interpersonal and intergroup relations, and (iv) organizational factors. The influence of the key factors of each group was analyzed and evaluated either from the standpoint of positive or negative impact on the formation of innovative behavior, or from the position of the strength of influence. Based on the experience of Chinese colleagues, a comparative ranking of the factors that determine the innovativeness of behavior was carried out, in terms of their significance. At the same time, the similarity of the factors determining the innovativeness of the behavior of employees in Chinese and Russian companies was revealed, but significant differences in the degree of such influence were detected. As a result, the authors' named key success factors in the formation of innovative behavior of the staff: (i) support from the company's management; (ii) availability of resources of all types; (iii) system of labour remuneration; (iv) composition and structure of the team, and (v) cooperation.

Keywords: innovative behaviour, strategy, factors, stimulation, relations, corporate culture

Для цитирования

Сабетова Т.В., Пономаренко М.В. Анализ и ранжирование факторов формирования и развития инновационного поведения в организациях // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 478–488. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-478-1

For citation

Sabetova T.V., Ponomarenko M.V. Analysis and ranging of the factors of formation and development of innovative behaviour in organizations. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 478–488. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-478-488

Введение

Для осуществления инновационного процесса предприятие должно обладать определенными ресурсами и способностями, особенностями деятельности и развития. В комплексе их характеризует инновационный потенциал [3]. Среди таких ресурсов немаловажное значение имеет и кадровый потенциал, однако управление им и стимулирование инновационного поведения сотрудников может быть сопряжено с определенными сложностями.

Постановка проблемы

Достижение хороших показателей инновационной деятельности невозможно без наличия, с одной стороны, способности работников и готовности системы, организации к такой деятельности, а с другой – без существенной мотивированности к ней, так как любая работа по созданию и внедрению новшеств обязательно сталкивается с трудностями и сопротивлением и не может мгновенно начинать приносить отдачу [5].

Необходимо принять во внимание, что инновационные кадры – наиболее квалифицированная часть трудовых ресурсов страны, для которых основным требованием является совершенствование знаний на протяжении всей научной деятельности [1]. Однако, помимо способностей самих работников к осуществлению той или иной деятельности (в том числен инновационной) на требуемом уровне, организация должна стимулировать исполнителей к полноценному использованию этих способностей себе на благо, а также создать условия, при которых подобное использование будет не только возможно, но и экономически эффективно.

Влияние особенностей национальной и корпоративной культуры на стимулирование инновационного поведения

Стимулирование инновационного поведения работников занимает все более важное место в реализации стратегий развития, достижении конкурентных преимуществ и формировании тактических решений предприятий и организаций по всему миру. Особенно этот аспект актуален для тех стран и рынков, которые избирают инновационный путь развития, предполагающий интенсивное использование корпоративных знаний и интеллектуального потенциала, таких, например, как Китай [23], Малайзия [14] и другие активно развивающиеся страны. Российское руководство также заявляет о национальной ориентации на инновационный путь развития, что включает наши компании в круг тех, для кого стимулирование инновационного поведения сотрудников выходит на первый план в обеспечении своей конкурентоспособности.

Многие исследователи работают над выявлением факторов, определяющих или влияющих на инновационное поведение сотрудников [2, 9, 17]. Однако одновременно многие ученые сходятся во мнении, что представители разных стран могут по-разному реагировать на одни и те же условия и организационные стимулы, в том числе в области инновационного поведения, в силу особенностей национальной культуры [10, 15, 19, 20]. Огромное влияние на инновационное поведение оказывает корпоративная культура. Корпоративная культура может быть определена как область явлений духовной и материальной жизни группы или коллектива, включая доминирующие в нем моральные нормы и ценности, принятый кодекс поведения и укоренившиеся ритуалы и т. д. [4]. Ее можно также рассматривать в виде двух сфер: базовой – иерархия ценностей, доминирующая среди сотрудников предприятия, и производной – совокупность способов их реализации, преобладающих в организации на определенном этапе ее развития.

Корпоративная культура является частью национальной культуры и в существенной степени определяется ее чертами. Построить позитивную корпоративную культуру без учета национальных особенностей работников, например, только за счет заимствования идей у компаний из других стран либо на полностью синтетическом базисе, практически невозможно, реальных примеров в бизнесе очень мало. Однако в любой национальной культуре есть черты, которые без труда можно использовать при формировании корпоративной культуры, направленной на эффективное достижение целей компании.

Так, современная национальная российская культура (хотя в данном случае правильнее говорить – многонациональная) во многом является смешанной, в ней сочетаются традиционные российские и заимствованные ценности, в частности, западноевропейские и американские. Часть этой смеси можно достаточно эффективно использовать для развития бизнеса, закладывая в основу корпоративной культуры компании. Среди «промежуточных» ценностей и норм российской деловой и трудовой культуры, на наш взгляд, можно выделить следующие [18].

1. Ценность материального вознаграждения. С одной стороны, труд в России в целом недооплачен, что делает материальные стимулы к труду особенно важными для работников. С другой стороны, в характере нашего народа признавать и даже ценить труд «за идею», чувствовать удовлетворение от самой работы, от достижения целей, при этом практически не ожидая материальной отдачи.

2. Отношения «руководитель–подчиненный». С одной стороны, россияне предпочитают сохранение определенной дистанции между разными ступенями иерархии в организации, более того, такая дистанция представляется одним из благ, ради которых прилагаются усилия для карьерного роста. С другой стороны, внимательное, уважительное отношение руководителя к подчиненным расценивается даже не как профессиональное качество, а как «человечность», то есть ценится очень высоко.

3. Отношение к труду. Конечно, крайность, когда за тунеядство предусматривался тюремный срок, осталась в прошлом, однако определенная степень уважения к самому факту занятости в обществе сохраняется. С другой стороны, современные глобальные тенденции повышения ценности досуга, расширения возможностей его проведения, стремление к самореализации не в труде, а в иных видах деятельности затронули и российское общество. Отсюда стремление, с одной стороны, не работать сверх необходимого (в частности, мало кто назовет привлекательным рабочее место, где постоянно приходится работать сверхурочно, особенно без повышенной оплаты, либо брать работу на дом), а с другой – потребность зарабатывать не только на поддержание жизни и содержание иждивенцев, но и на активные формы проведения досуга: хобби, путешествия, занятия спортом и т. п.

4. Соотношение «индивидуализм – коллективизм» является в российской культуре трудовых (да и любых иных) отношений одним из самых спорных. С одной стороны, для многих современных россиян характерна вполне западная уверенность в собственных силах, убежденность в собственной ценности и стремление к защите своих интересов. С другой стороны, живы и глубинные ценности принадлежности к группе (семье, общине, коллективу), защиты групповых интересов (вплоть до круговой поруки, хотя не всегда этот аспект принимает негативный смысл), поддержки со стороны «своих». В этом отношении выбрать верную основу для построения корпоративной культуры бывает достаточно сложно.

Если не учитывать указанные национальные особенности, можно столкнуться с существенными трудностями в обеспечении профессионального и личностного роста работников в направлении, способствующем их инновационной активности и успехам в этом направлении [6]. С другой стороны, невозможно однозначно указать, что особенности культуры одной страны или группы стран ставят ее в заведомо более выгодные условия и сами по себе стимулируют инновационное поведение в отличие

от других стран. Только учет всех сильных и слабых национальных черт и характеристик конкретной компании и ее трудового коллектива позволяет сформировать корпоративную культуру, стимулирующую активизацию инновационной деятельности.

Влияние частично контролируемых организацией факторов на инновационное поведение ее сотрудников

Инновационное поведение сотрудников описывается как целенаправленное создание, внедрение и применение новых идей, процессов, продуктов или услуг в их должностной роли, группе или организации [21]. Оно тесно связано с креативностью, но отличается тем, что явно включает в себя реализацию идей в дополнение к их генерированию [7]. Кроме того, инновационное поведение сотрудников направлено на обеспечение конкретной выгоды и, как ожидается, будет способствовать формированию новаторской продукции либо технологий [12], что, в свою очередь, прямо или косвенно порождает денежный поток.

Различные факторы контекстуального успеха уже изучались в литературе как важные условия для формирования и развития инновационного поведения сотрудников. Исходя из существующих исследований, эти контекстуальные факторы могут быть объединены в две группы (рисунок 1). Первая предполагает прямую зависимость от организации, хотя абсолютный контроль здесь, естественно, невозможен, как и в любом вопросе, связанном с управлением людьми. Сюда относятся такие факторы, как стиль лидерства, специфика работы и рабочего места, групповые и сетевые взаимодействия, а также факторы организационного уровня. С другой стороны, такие факторы, как окружающая и макросреда, отраслевые особенности, государственное воздействие и некоторые другие, не могут существенно контролироваться самой организацией.



Рисунок 1. Ситуативные факторы формирования и развития инновационного поведения

Figure 1. Situational factors of formation and development of innovative behavior

Ученые уделяют значительное внимание изучению стиля руководства, отношениям между руководителями и подчиненными, а также надзорному поведению в качестве движущей силы для инновационного поведения сотрудников. Хотя до сих пор не сформировалось

четкой картины того, какой стиль руководства наиболее эффективен в этом направлении, исходя из предшествующих исследований, могут быть сделаны некоторые ключевые выводы о влиянии стилей лидерства на инновационное поведение сотрудников (таблица 1).

Таблица 1.

Обзор результатов исследований влияния факторов, связанных со стилем лидерства, на инновационное поведение персонала

Table 1.

Review of research results on the influence of factors related to the style of leadership on innovative behavior of staff

Фактор воздействия Impact factor	Источник Source	Описание Description	Влияние (+ или -) Effect (+ or-)
Авторитарный тип лидерства Authoritarian type of leadership	[15]	Руководитель не только дает точное и конкретное задание, но и инструкции по его выполнению, а также отслеживает как полноту, так и точность и своевременность исполнения The Manager not only gives an accurate and specific task, but also instructions for its implementation, as well as monitors both completeness and accuracy and timeliness of execution	-
Партисипативный стиль лидерства The participative style of leadership	[14]	Руководитель активно сотрудничает и консультируется с подчиненными при принятии решений и проработке методов их исполнения The Manager actively cooperates and consults with subordinates when making decisions and working out methods of their execution	+/-
Структурное лидерство Structural leadership	[16]	Руководитель мотивирует работников и ставит перед ними задачи и вызовы, определяет проблемы и побуждает к поиску путей их решения к общему удовлетворению The Manager motivates employees and sets them tasks and challenges, identifies problems and encourages them to find ways to solve them to common satisfaction	+
Отношения «руководитель-подчиненный» Manager-subordinate relationship»	[21]	Позитивными можно считать такие отношения, при которых присутствует взаимное доверие, уважение и даже симпатия Positive can be considered such a relationship in which there is mutual trust, respect and even sympathy	+ при соблюдении условий
Поддержка руководства Management support	[12]	Руководитель не только ставит задачи, но и генерирует новые идеи, а также предоставляет реальную помощь в достижении их оптимального решения как организационную, так и материальную The Manager not only sets tasks, but also generates new ideas, and provides real help in achieving their optimal solution, both organizational and material	+
Ролевая модель лидерства Role model of leadership	[12]	Руководитель являет собой пример инновационного поведения The Manager is an example of innovative behavior	+/-
Похвала, поощрение Praise, encouragement	[17]	Руководитель регулярно хвалит и поощряет подчиненного как словом, так и делом The head regularly praises and encourages the subordinate both by word and deed	+/-
Критика Criticism	[11]	Руководитель постоянно указывает работнику на проблемы в его работе и подсказывает пути совершенствования The Manager constantly points out to the employee the problems in his work and suggests ways to improve	+ если помимо указания на недостатки следует подсказка по поводу их преодоления if, In addition to pointing out shortcomings, there is a hint of overcoming

Указанные в таблице 1 оценки влияния элемента лидерского поведения на инновационное поведение отнюдь не являются абсолютными. Например, мы не утверждаем, что в организации с доминированием авторитарного стиля в управлении не может достаточно активно проявляться инновационная инициатива сотрудников. Однако наша оценка позволяет предполагать, что в других условиях в той же организации инновационное поведение могло бы быть еще более активным, либо приносить больший экономический эффект.

Содержание и особенности самой деятельности подчиненного следует признать

наиболее очевидно влияющими на его инновационное поведение (таблица 2), хотя бы уже потому, что отдельные должности в определенных организациях напрямую предполагают, что генерирование либо внедрение инноваций является прямой обязанностью сотрудника. Однако формальное закрепление обязанностей в области инновационного поведения за конкретными работниками зачастую либо невозможно, либо нецелесообразно. Для обеспечения конкурентных преимуществ компании инновационное поведение должно развиваться на организационном уровне, а не только на уровне отдельных личностей и рабочих мест.

Таблица 2.
Обзор результатов исследований влияния факторов, связанных со спецификой работы,
на инновационное поведение исполнителя

Table 2.
Review of research results of the influence of factors related to the specifics of the work
on the innovative behavior of the contractor

Фактор воздействия Impact factor	Источник Source	Описание Description	Степень влияния (S-сильная или W-слабая) Degree of Influence (S-Strong or W-Weak)
1	2	3	4
Постановка задач Problem statement	[17]	Обычно излишне жесткие рамки при формировании заданий снижают инновационную активность. Однако и слишком размытые задания могут быть опасны: в этом случае работник тратит интеллектуальные силы на конкретизацию задачи Usually too rigid framework in the formation of tasks reduce innovation activity. However, too blurred jobs can be dangerous: in this case, the employee spends intellectual effort to concretize the task	S/W
Должностные обязанности Official duties	[21]	В некоторых случаях инновационная деятельность является основной обязанностью сотрудника In some cases, innovation is the primary responsibility of the employee	S
Самостоятельность в работе Independence in work	[17]	Свобода, предоставляемая работнику в выборе способа достижения целей своей деятельности может стимулировать его к поиску инновационных путей такого достижения, но «метод проб и ошибок» может требовать больше времени и сил на исполнение той же работы The freedom given to an employee to choose how to achieve the goals of his or her activities may encourage him or her to seek innovative ways to achieve them, but the "trial and error method" may require more time and effort to perform the same work	W
Вознаграждение, оплата труда Remuneration, remuneration	[15]	Системы оплаты труда, учитывающие инновационность поведения, оказывают существенное влияние, однако разработка их бывает затруднительной Pay systems that take into account innovative behavior have a significant impact, but their development can be difficult	S/W
Обучение Training	[8]	Обучение в направлении развития инновационных навыков, безусловно, облегчает формирование инновационного поведения, однако наличие компетенций не всегда гарантирует их активное применение Training in the development of innovative skills, of course, facilitates the formation of innovative behavior, but the presence of competencies does not always guarantee their active use	S/W

1	2	3	4
Ресурсы всех видов Resources of all kinds	[17]	Наличие достаточных материальных, информационных и временных ресурсов является важным условием формирования инновационного поведения, однако российская корпоративная культура в отличие от многих других зачастую формирует инновационное поведение вопреки отсутствию для этого материальных предпосылок The availability of sufficient material, information and time resources is an important condition for the formation of innovative behavior, but the Russian corporate culture, unlike many others, often forms innovative behavior despite the absence of material prerequisites for this	S

Существующие исследования показывают, что групповые отношения и связи важны для содействия инновационному поведению сотрудников (таблица 3). Хорошие межличностные отношения и высокий уровень доверия в группе приведут к тому, что сотрудники будут чувствовать себя более безопасно, чтобы открыто высказывать свои идеи, не боясь не только осуждения, но и неправомерного заимствования. Это стимулирует интенсивный обмен знаниями в организации. Однако дружеские или иные

неформальные отношения в группе могут, приводить к коллективному сокрытию определенных фактов от руководства, формированию запретов на выходящее за рамки стандарта поведение (торчащий гвоздь бьют по шляпке) и даже прямому саботажу производственных задач.

Наконец важной группой факторов, влияющих на инновационное поведение коллектива, являются организационные, к которым можно отнести стратегию, оргструктуру, морально-психологический климат и многие другие (таблица 4).

Таблица 3.

Обзор результатов исследований влияния факторов, связанных межличностными и межгрупповыми отношениями, на инновационное поведение персонала

Table 3.

An overview of the results of researches of influence of the factors involved in interpersonal and intergroup relations on innovative behavior of the staff

Фактор воздействия Impact factor	Источник Source	Описание Description	Влияние (+ или -) Effect (+ or-)
Кооперация и взаимозависимость в рамках производственных задач Cooperation and interdependence within production tasks	[22]	Каждый исполнитель знает свои функции, в группе присутствует доверие и взаимная поддержка – без последних зависимость в рамках одной производственной задачи приводит к возникновению эффекта «слабого звена» Each performer knows his own functions, in the group there is trust and mutual support - without the latter, dependence within the framework of one production task leads to the appearance of the “weak link” effect	+ при соблюдении условий subject to the conditions
Рольевые модели отношений с коллегами Role models of relationships with colleagues	[22]	Отдельные коллеги могут становиться примерами инновационного поведения Individual colleagues can be examples of innovative behavior.	+, если не возникает зависть и иные негативные явления if there is no envy and other negative phenomena
Круговая порука Mutual responsibility	-	В целом негативное явление, тем не менее, может иметь и положительные стороны, например, неспособность одного члена коллектива к исполнению задания скрывается и компенсируется усилиями других In general, a negative phenomenon, however, may have positive aspects, for example, the inability of one team member to fulfill a task is hidden and compensated by the efforts of others.	+/-
Структура группы Group structure	[17]	Наличие в группе лиц с разными способностями, возможностями, компетенциями и личностными особенностями The presence in the group of persons with different abilities, capabilities, competencies and personal characteristics	+, если различия рационально сочетаются и полноценно используются для общих целей if the differences are rationally combined and fully used for general purposes

Обзор результатов исследований влияния организационных факторов
на инновационное поведение исполнителя

Table 4.

Review of the results of studies of the impact of organizational factors
on the innovative behavior of the contractor

Фактор воздействия Impact factor	Источник Source	Описание Description	Степень влияния (S-сильная или W-слабая) Degree of Influence (S-Strong or W-Weak)
Стратегия бизнеса Business strategy	[17]	Стимулирующее воздействие оказывает закрепление потребности компании в инновационном развитии на уровне ее стратегии The stimulating effect is the consolidation of the company's need for innovative development at the level of its strategy	S
Организационная структура Organizational structure	[17]	Оргструктура закрепляет обязанности и распределяет ответственность во всех сферах деятельности организации, в том числе в инновационной. Обычным является мнение, что для эффективного инновационного управления она должна быть достаточно четкой, но не ригидной, способной к изменениям и адаптации Organizational structure establishes responsibilities and distributes the responsibility across all areas of the organization, including innovation. It is a common opinion that for effective innovation management it should be sufficiently clear, but not rigid, capable of changes and adaptation	S/W
Взаимодействие подразделений Interaction of departments	[13]	Такое взаимодействие может не только стимулировать создание новых идей и методов работы, но и способствовать их распространению от автора на всю организацию Such interaction can not only stimulate the creation of new ideas and methods of work, but also contribute to their dissemination from the author to the entire organization	S
Морально-психологический климат Moral and psychological climate	[15]	Может оказывать огромное влияние, поощряя либо, напротив, мешая инновационному поведению, причем контроль этого аспекта со стороны руководства весьма затруднен Can have a huge impact, encouraging or, on the contrary, interfering with innovative behavior, and the control of this aspect by the management is very difficult	S
Коммуникации Communication tools	[15]	Коммуникации позволяют организации оставаться единым целым, а руководству – проводить единую политику. Инновационное поведение и с проблемами во внутриорганизационных коммуникациях может быть достаточно активным, но его эффективность снижается Communications allow the organization to remain a single entity, and the management to pursue a single policy. Innovative behavior and problems in internal communications can be quite active, but its effectiveness is reduced	W
Управление человеческими ресурсами Human resource management	[9]	Организация системы управления человеческими ресурсами может оказывать огромное влияние на инновационность поведения через подбор персонала, его стимулирование, корректировку корпоративной культуры и климата в коллективе и т. п. The organization of the human resources management system can have a huge impact on the innovation of behavior through recruitment, its stimulation, adjustment of corporate culture and climate in the team, etc.	S

Комплексный подход к исследованию факторов, влияющих на формирование инновационного поведения в организации

Большинство учтенных нами исследований сравнительно узки. Они ориентированы на рассмотрение конкретной проблемы при формировании и стимулировании инновационного поведения, а не на обобщение всех возможных путей такого стимулирования и выявление ситуаций, в которых те или иные инструменты становятся предпочтительными или, напротив, недоступными. Проводятся и исследования, ставящие своей целью обобщение и даже количественную оценку влияния всех или большинства указанных факторов на реально сформировавшийся уровень инновационности поведения конкретной организации или группы организаций, объединенных по тому или иному признаку. Так, исследования опыта китайских компаний [23] показали наибольшее влияние на успех формирования инновационного поведения сотрудников таких факторов, как система вознаграждения за труд; обучение; состав и структура коллектива; похвала и поощрение. К существенным факторам в упомянутом исследовании отнесены стиль лидерства (причем предпочтительным названо

структурное лидерство); тип отношений между руководителем и подчиненным; поддержка руководства; наличие ресурсов всех типов; инновационная стратегическая ориентация компании и кооперация как между сотрудниками, так и между подразделениями.

Собственные наблюдения авторов за деятельностью организаций, в том числе даже тех, где сами авторы заняты, дают достаточные основания соглашаться с первостепенной важностью именно этих факторов для стимулирования инновационного поведения. Однако ранжирование указанных факторов по степени их влияния для российских реалий представляется несколько иным (таблица 5). Мы уже упоминали, что инновационное поведение сотрудников многих организаций зачастую развивается не благодаря, а вопреки определенным условиям. Кроме того, несмотря на неоспоримую важность материального стимулирования инновационного поведения, этот фактор едва ли можно ставить в России на первое место, так как при признании его первоочередного значения придется автоматически отказаться от самой идеи инновационного развития таких сфер деятельности, как сельское хозяйство, медицина, образование (включая высшее), культура и некоторых других.

Таблица 5.

Сравнительное ранжирование факторов, определяющих инновационность поведения, по степени их значимости

Table 5.

Comparative ranking of factors that determine the innovativeness of behavior, according to their importance

Степень важности Degree of importance	Китай [23] China	Россия (авторская оценка) Russia (author's Rating)
1	2	3
Наиболее важные Most important	– система вознаграждения за труд; – обучение; – состав и структура коллектива; – похвала и поощрение – System of remuneration for work; - Training – Composition and structure of the team; – Praise and encouragement	– поддержка руководства; – наличие ресурсов всех типов; – система вознаграждения за труд; – состав и структура коллектива; – кооперация -management support; – Availability of resources of all types; – System of remuneration for work; – Composition and structure of the team; – Cooperation
Важные Important	– стиль лидерства; – тип отношений между руководителем и подчиненным; – поддержка руководства; – наличие ресурсов всех типов; – стратегическая ориентация компании; – кооперация – Leadership style; – The type of relationship between the manager and the subordinate; -management support; – Availability of resources of all types; – Strategic orientation of the company; – Cooperation	– обучение; – похвала и поощрение; – критика; – должностные обязанности; – тип отношений между руководителем и подчиненным; – морально-психологический климат; – управление человеческими ресурсами - Training – Praise and encouragement; - Criticism – Job responsibilities; – The type of relationship between the manager and the subordinate; -moral and psychological climate; -human Resource Management

1	2	3
Влияющие Influencing	– критика; – должностные обязанности; – постановка задач; – самостоятельность в работе; – оргструктура; – морально-психологический климат; – коммуникации; – управление человеческими ресурсами Criticism – Job responsibilities; – setting of tasks; – Independence in work; Organizational – moral and psychological climate; – Communication – human Resource Management	– стиль лидерства; – стратегическая ориентация компании; – постановка задач; – самостоятельность в работе; – оргструктура; – коммуникации – Leadership style; – Strategic orientation of the company; – setting of tasks; – Independence in work; – Organizational – communications

Среди важнейших условий для российских реалий нам видятся наличие ресурсов (в некоторых случаях среди них наиболее важными признаются информационные, часто – материальные, а во многих случаях – временные, так как именно наиболее способные к творческой инициативе сотрудники в российских организациях чаще всего наиболее загружены, причем часто – рутинной работой), а также поддержка руководства, причем не столь важно, осуществляется это руководство в авторитарном или партисипативном стиле. К важным факторам, особенно в крупных компаниях, мы относим кооперацию, подразумевая под ней как формальные, так и неформальные связи, имеющие в нашей культуре важное значение: россияне зачастую не умеют и не хотят разделять рабочие и личные отношения, что может сказываться на достижении корпоративных целей как отрицательно, так и положительно.

С другой стороны, вопросы обучения мы считаем важными, но не основными, так как придаем огромное значение самообразованию и самосовершенствованию, которое требует лишь заинтересованности субъекта и по эффективности может не уступать профессиональным тренингам, а иногда – и превосходить их, качество же зависит более от мотивации, чем от способностей субъекта. Похвалу и критику мы ставим в одну группу по значимости, считая их двумя сторонами одного и того же метода управления. К важным факторам мы также относим морально-психологический климат, так как россияне весьма зависимы

от мнения окружающих – иногда в большей степени, чем от мнения руководства.

Стратегическую ориентацию компании на инновационное развитие мы не можем отнести к наиболее важным факторам, так как зачастую наблюдаем случаи критического расхождения положений, декларируемых в документах стратегического планирования и управления организаций, и реальных действий руководства и тем более коллектива.

Заключение

Ключевыми факторами формирования и развития инновационного поведения трудовых коллективов, рабочих групп и индивидуальных работников мы считаем поддержку руководства; наличие ресурсов всех типов; систему вознаграждения за труд; состав и структуру коллектива и кооперацию. Иначе их можно назвать факторами успеха в сфере инновационного развития организации, позволяющими сформировать ее конкурентные преимущества в современной экономике. Вовлечение широкого круга занятых в инновационную деятельность как в форме генерирования новых идей, так и в форме их распространения и внедрения, крайне важно на современном этапе экономического развития. Понимание значимости тех или иных факторов, влияющих на эти процессы, может стать опорой для менеджеров при принятии и обосновании управленческих решений как в области формирования инновационной стратегии и тактики, так и в управлении человеческими ресурсами и корпоративными знаниями.

ЛИТЕРАТУРА

1 Гончаренко Л.П., Кузьмищев Д.А. Концептуальные основы формирования системы планирования потребностей России в инновационных кадрах // Нормирование и оплата труда в промышленности. 2013. № 5. С. 42–46.

2 Кусякина О.Н., Свистунова И.Г., Токарева Г.В. Влияние человеческого капитала на развитие сельских территорий // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 9. С. 8–12.

3 Левушкина С.В., Пономаренко М.В., Токарева Г.В. Роль предпринимательского сектора в развитии инновационного кластера // Институциональные преобразования национальных экономических систем. 2016. С. 104–111.

4 Одегов Ю.Г. Корпоративная культура как фактор роста эффективности труда сотрудников: современные тенденции // Нормирование и оплата труда в промышленности. 2015. № 2. С. 40–45.

5 Сабетова Т.В. Переориентация методики анализа человеческого потенциала территории в условиях инновационной экономики // Инновационные доминанты социально-трудовой сферы: экономика и управление: материалы ежегодной международной научно-практической конференции по проблемам социально-трудовых отношений (18 заседание), посвященной 100-летию Воронежского государственного университета. Воронеж, 2018. С. 209–217.

6 Сабетова Т.В. Проведение управляемых изменений при инновационном развитии организации // Управленческие и маркетинговые аспекты развития субъектов АПК и агропродовольственного рынка: материалы межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 45-летию кафедры управления и маркетинга в АПК ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. Воронеж: ВГАУ, 2016. С. 216–219.

7 Сабетова Т.В. Проблемы стимулирования инновационной активности // Нормирование и оплата труда в промышленности. 2015. № 5–6. С. 22–27.

8 Abdullah N.H., Lee P.L., Wahab E., Shamsuddin A. Perception on training and employee innovativeness: An evidence from small firms // International Conference on Management of Innovation and Technology. Singapore, 2014.

9 Abstein A., Spieth P. Exploring HRM meta-features that foster employees' innovative work behaviour in times of increasing work-life conflict // Creativity and Innovation Management. 2014. P. 1–15.

10 Anderson N., de Dreu C.K.W., Nijstad B.A. The routinization of innovation research: A constructively critical review of the state-of-the-science // Journal of Organizational Behavior. 2003. № 25. P. 147–173.

11 Conțiu L.C., Gabor M.R., Oltean F.D. Employee's motivation from a cultural perspective – a key element of the hospitality industry competitiveness // Procedia economics and finance. 2012. № 3(12). P. 981–986.

12 De Jong J.P.J., Den Hartog D.N. Measuring innovative work behavior // Creativity and Innovation Management. 2010. № 19(1). P. 23–36.

13 Goepel M., Holzle K., Knyphausen-Aufsess D. Individuals' innovation response behaviour: A framework of antecedents and opportunities for future research // Creativity and Innovation Management. 2012. № 21 (4). P. 412–426.

14 Jayasingam, S. Leadership style and perception of effectiveness: enlightening malaysian managers // Asian Social Science. 2009. № 5(2). P. 54–65.

15 Leung, K. Theorizing about Chinese organizational behavior: the role of cultural and social forces. Handbook of Chinese organizational behavior – Integrating theory, research and practice. Cheltenham: Edward Elgar publishing, 2012. 560 p.

16 Li C., Zhao H., Begley T.M. Transformational leadership dimensions and employee creativity in China: a cross-level analysis // Journal of business research. 2014. № 68 (6). P. 1149–1156.

17 Parzefall M., Seeck H., Leppänen A. Employee innovativeness in organizations: a review of the antecedents // Finnish journal of business economics. 2008. № 2 (8). P. 165–182.

18 Sabetova T.V. Corporate culture as a tool of a company's competitiveness improvement within labour market // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2016. V. 55. № 7. P. 47–53.

19 Shane S., Venkataraman S., MacMillan I. Cultural differences in innovation championing strategies // Journal of Management. 1995. № 21 (5). P. 931–952.

20 Wu J. An analysis of business challenges faced by foreign multinationals operating the Chinese market // International Journal of Business and Management. 2008. № 3 (12). P. 169–174.

21 Yuan F., Woodman R. Innovative behavior in the workplace: The role of performance and image outcome expectations // Academy of Management Journal. 2010. № 53 (2). P. 323–342.

22 Zhou J., Su Y. A missing piece of the puzzle: The organizational context in cultural patterns of creativity // Management and Organization Review. 2010. № 6 (3). P. 391–413.

23 Zhou W., Velamuri V.K. Key contextual success factors for employee innovative behavior: A study in a foreign manufacturing subsidiary in China // Cogent Business and Management. 2018. № 5.

REFERENCES

1 Goncharenko L.P., Kuzmischev D.A. Conceptual bases of forming the planning system for Russian demand for innovative employees. *Normirovanie i oplata truda v promyshlennosti* [Labour rate setting and remuneration in industry]. 2013. no. 5. pp. 42–46. (in Russian).

2 Kusakina O.N. Svistunova I.G., Tokareva G.V. Human capital impact on the rural area development. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements in science and technology in agro-industrial complex]. 2015. vol. 29. no9. pp. 8–12. (in Russian).

3 Levushkina S.V. Ponomarenko M.V., Tokareva G.V. The role of business sector in the development of innovative cluster. *Institutsionalnye preobrazovaniya natsionalnykh ekonomicheskikh sistem* [Institutional changes in national economic systems]. 2016. pp. 104–111. (in Russian).

4 Odegov Yu.G. Corporate culture as the factor of employees' performance efficiency growth: contemporary trends. *Normirovanie i oplata truda v promyshlennosti* [Labour rate setting and remuneration in industry]. 2015. no2. pp. 40–45. (in Russian).

5 Sabetova T.V. Reorientation of the methodology of analysis of the territorial human potential under the conditions of innovative economy. *Innovatsionnye dominanty social'no-trudovoy sfery: ehkonomika i upravlenie* [Innovative dominants of the social and labor sphere: economics and management: materials of the annual international scientific-practical conference on the problems of social and labor relations (18th meeting) dedicated to the 100th anniversary of the Voronezh State University]. Voronezh, 2018, pp. 209–217. (in Russian).

6 Sabetova T.V. Carrying out of controlled changes for innovative development of an organization. *Upravlencheskie i marketingovyie aspekty razvitiya sub"ektov APK i agroproduktov'stvennogo rynka* [Administrative and marketing aspects of the development of the subjects of the agro-industrial complex and the agri-food market materials of the interregional scientific-practical conference dedicated to the 45th anniversary of the department of management and marketing in the agro-industrial complex Voronezh State Agrarian University] Voronezh, VSAU, 2016, pp. 216–219. (in Russian).

7 Sabetova T.V. The issues of innovative activity stimulation. *Normirovanie i oplata truda v promyshlennosti* [Labour rate setting and remuneration in industry]. 2015. no 5–6. pp. 22–27. (in Russian).

8 Abdullah N.H., Lee P.L., Wahab E., Shamsuddin A. Perception on training and employee innovativeness: An evidence from small firms. International Conference on Management of Innovation and Technology. Singapore, 2014.

9 Abstein A., Spieth P. Exploring HRM meta-features that foster employees' innovative work behaviour in times of increasing work-life conflict. *Creativity and Innovation Management*. 2014. pp. 1–15.

10 Anderson N., de Dreu C.K.W., Nijstad B.A. The routinization of innovation research: A constructively critical review of the state-of-the-science. *Journal of Organizational Behavior*. 2003. no. 25. pp. 147–173.

11 Conțiu L.C., Gabor M.R., Oltean F.D. Employee's motivation from a cultural perspective – a key element of the hospitality industry competitiveness. *Procedia economics and finance*. 2012. no. 3(12). pp. 981–986.

12 De Jong J.P.J., Den Hartog D.N. Measuring innovative work behavior. *Creativity and Innovation Management*. 2010. no. 19(1). pp. 23–36.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Татьяна В. Сабетова к.э.н., доцент, кафедра управления и маркетинга в АПК, Воронежский ГАУ, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, tsabetova@mail.ru

Марина В. Пономаренко к.э.н., доцент, кафедра экономической теории и экономики АПК, Ставропольский ГАУ, пер. Зоотехнический, 12, г. Ставрополь, 355017, Россия, marina307@inbox.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Татьяна В. Сабетова обобщила материал, построила выводы и несет ответственность за плагиат

Марина В. Пономаренко систематизировала информацию, написала рукопись

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 01.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.08.2018

13 Goepel M., Holzle K., Knyphausen-Aufsess D. Individuals' innovation response behaviour: A framework of antecedents and opportunities for future research. *Creativity and Innovation Management*. 2012. no. 21 (4). pp. 412–426.

14 Jayasingam, S. Leadership style and perception of effectiveness: enlightening Malaysian managers. *Asian Social Science*. 2009. no. 5(2). pp. 54–65.

15 Leung, K. Theorizing about Chinese organizational behavior: the role of cultural and social forces. *Handbook of Chinese organizational behavior – Integrating theory, research and practice*. Cheltenham, Edward Elgar publishing, 2012. 560 p.

16 Li C., Zhao H., Begley T.M. Transformational leadership dimensions and employee creativity in China: a cross-level analysis. *Journal of business research*. 2014. no. 68 (6). pp. 1149–1156.

17 Parzefall M., Seeck H., Leppänen A. Employee innovativeness in organizations: a review of the antecedents. *Finnish journal of business economics*. 2008. no. 2 (8). pp. 165–182.

18 Sabetova T.V. Corporate culture as a tool of a company's competitiveness improvement within labour market. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2016. vol. 55. no. 7. pp. 47–53.

19 Shane S., Venkataraman S., MacMillan I. Cultural differences in innovation championing strategies. *Journal of Management*. 1995. no. 21 (5). pp. 931–952.

20 Wu J. An analysis of business challenges faced by foreign multinationals operating the Chinese market. *International Journal of Business and Management*. 2008. no. 3 (12). pp. 169–174.

21 Yuan F., Woodman R. Innovative behavior in the workplace: The role of performance and image outcome expectations. *Academy of Management Journal*. 2010. no. 53 (2). pp. 323–342.

22 Zhou J., Su Y. A missing piece of the puzzle: The organizational context in cultural patterns of creativity. *Management and Organization Review*. 2010. no. 6 (3). pp. 391–413

23 Zhou W., Velamuri V.K. Key contextual success factors for employee innovative behavior: A study in a foreign manufacturing subsidiary in China. *Cogent Business and Management*. 2018. no. 5.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Tatiana V. Sabetova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, management and marketing in agro-industrial complex department, Voronezh State Agricultural University, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, tsabetova@mail.ru

Marina V. Ponomarenko Cand. Sci. (Econ.), associate professor, Economics and economy of agro-industrial complex department, Stavropol State Agricultural University, Zootehnicheskii lane, 12, Stavropol, 355017, Russia, marina307@inbox.ru

CONTRIBUTION

Tatiana V. Sabetova integrated the information, drew results and is responsible for plagiarism

Marina V. Ponomarenko organized the information, wrote the manuscript

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.1.2018

ACCEPTED 8.20.2018

Институциональные дисфункции социальной экономики и пути их преодоления

Олег И. Водяненко¹ vodio@mail.ru

¹ Саратовский Социально-экономический институт РЭУ им. Г.В. Плеханова, ул. Радищева, 89, г. Саратов, 410003, Россия

Реферат. Рассматривается социальная экономика сквозь призму теории институциональных дисфункций. Утверждается, что социальная экономика, как и любая система, характеризуется определенной величиной дисфункциональности, так как в реальности параметры ее деятельности неизбежно отклоняются от проектируемых параметров. В аспекте функционирования социальной экономики наиболее значимые дисфункции рассмотрим в разрезе социальной политики. Социальная политика призвана обеспечить социальную справедливость, а необходимым параметром деятельности в условиях рыночной экономики является экономическая эффективность. Основными институциональными дисфункциями социальной политики государства, сдерживающими развитие конкурентоспособности российской экономики, выступают следующие дисфункции: взаимосвязь «инфляция – норма процента – инвестиции»; низкая интенсивность конкуренции; коррупция и административные барьеры; институциональная ловушка (порочный круг бедности): «низкие доходы населения – низкие уровни инвестиций и сбережений – низкие темпы и объемы накопления капитала – низкая производительность труда – низкие доходы населения и низкие пенсии»; низкая эффективность социально-экономической политики государства (не развитость малого бизнеса, не развитость институтов гражданского общества, низкая эффективность функционирования систем здравоохранения, образования, культуры, жилищно-коммунального хозяйства, электронного правительства и др.

Ключевые слова: социальная экономика, институциональные дисфункции, социальная политика, социальная справедливость, экономическая эффективность, экономическая система, дисфункциональность

Institutional dysfunctions of social economy and ways of their overcoming

Oleg I. Vodyanenko¹ vodio@mail.ru

¹ Saratov Socio-economic Institute REU named after G.V. Plekhanov, Radishcheva str., 89, Saratov, 410003, Russia

Summary. The social economy is considered through the prism of the theory of institutional dysfunctions. It is argued that a social economy, like any system, is characterized by a certain amount of dysfunctionality, since in reality the parameters of its activities inevitably deviate from the designed parameters. In the aspect of the functioning of the social economy, the most significant dysfunctions will be considered in the context of social policy. Social policy is designed to ensure social justice, and economic efficiency is a necessary parameter of activity in a market economy. The main institutional dysfunctions of the social policy of the state, restraining the development of the competitiveness of the Russian economy, are the following dysfunctions: the relationship "inflation - the rate of interest - investment"; low intensity of competition; corruption and administrative barriers; institutional trap (vicious circle of poverty): "low incomes of the population - low levels of investment and savings - low rates and volumes of capital accumulation - low labor productivity - low incomes of the population and low pensions"; low efficiency of the socio-economic policy of the state (underdevelopment of small business, underdevelopment of civil society institutions, low efficiency of the functioning of health care systems, education, culture, housing and communal services, e-government, etc.

Keywords: social economy, institutional dysfunction, social policy, social justice, economic efficiency, economic system, dysfunctionality

Разработка концепции экономических и институциональных дисфункций относительно молодая и в настоящее время только получает свое развитие. Первая работа по проблемам институциональной дисфункции была опубликована известным ученым О.С. Сухаревым в 2001 г. [1]. Терминологическую основу концепции составляет заимствованное из биологии понятие «дисфункция», под которой понимается нарушение функций какого-либо органа, системы, института [2]. При этом данное явление носит преимущественно качественный характер, что обуславливает основную сложность теоретического анализа дисфункции – необходимость определения количественных индикаторов данного процесса.

Для цитирования

Водяненко О.И. Институциональные дисфункции социальной экономики и пути их преодоления // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 489–493. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-489-493

Практически каждая экономическая система, подсистема, институт и элемент в реальности характеризуются определенной величиной дисфункциональности. Данная величина связана с тем, что создаваемая система должна выполнять необходимые функции, однако при столкновении с реальностью параметры ее деятельности неизбежно отклоняются от проектируемых параметров, что и является дисфункциональностью.

По мнению О.С. Сухарева, можно выделить два основных типа дисфункций: макродисфункцию и микродисфункцию. При этом под макродисфункцией понимается такое состояние института или конкретной системы, при котором основные параметры ее институциональных

For citation

Vodyanenko O.I. Institutional dysfunctions of social economy and ways of their overcoming. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 489–493 (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-489-493

установлений и функционирования характеризуются потерей качества, либо выпадением части функционального набора. Наиболее сложной макродисфункцией выступает ситуация, при которой происходит одновременное выпадение ряда функций и ухудшение качества реализации других функций. На сегодняшний день остается открытым вопрос о том, насколько зависит выпадение одних функций от снижения качества других.

Вторым типом экономических дисфункций выступает микродисфункция – такое состояние сектора экономической системы, экономического агента или института, при котором лишь отдельные системные характеристики испытывают потерю качества и / или числа функций, что приводит к возникновению девиантных форм экономического поведения, возникновению институциональных ловушек и/или нарушению эволюции социально-экономической системы.

В аспекте функционирования социальной экономики наиболее значимые дисфункции рассмотрим в разрезе социальной политики.

Современная государственная социальная политика должна быть направлена на выполнение двух основных функций (достижение социально-экономической эффективности и социальной справедливости):

– обеспечение эффективного функционирования и развития экономической системы на основе рыночных принципов хозяйствования. В современной экономической литературе эффективность, как правило, характеризуется как распределительная (аллокативная), т. е. основанная на оптимальном распределении ограниченных ресурсов в условиях роста безграничных потребностей. То есть эффективной является такая экономика, в которой количество и качество комбинаций ограниченных ресурсов обеспечивает максимальный уровень общей полезности и максимальное удовлетворение потребностей населения [3];

– обеспечение социальной безопасности, устойчивого повышения уровня и качества жизни населения. Достигается это на основе синергетического эффекта, возникающего при условии выполнения первой функции и гармонизации интересов всех групп и социальных слоев.

При этом очевиден тот факт, что обществу необходима лишь экономическая политика, обеспечивающая максимальное извлечение полезности с последующим эффективным распределением. При этом дисфункциональность социально-экономической политики означает, что государство не реализует или недостаточно реализует свои функции.

Так, в работах Е.Н. Четчкиной обозначается более 10 институциональных дисфункций, которые характеризуют отклонение от таких параметров, как эффективность в обеспечении притока и движения капитала, сбалансированность государственного бюджета, уровень инфляции, защита внутреннего рынка, регулирование системы социальной защиты населения и т. д. [4].

В качестве главного фактора формирования и развития эффективного социально-ориентированного рыночного хозяйства продолжает оставаться высокая конкурентоспособность страны, отраслей, хозяйствующих субъектов, где одним из основных препятствий выступает недостаточная развитость институтов. Это может крайне негативно отразиться в конкуренции с развитыми и развивающимися экономиками.

В связи с этим можно утверждать, что наиболее эффективный фактор повышения конкурентоспособности национальной экономики – институциональный. И именно данный фактор обладает максимальным синергетическим потенциалом [5].

«Институциональная конкурентоспособность представляет собой набор институтов, методов, формальных и неформальных правил, регулирующих экономическую деятельность субъектов или страны в целом, дающих им ряд преимуществ в конкурентной борьбе» [6, 7].

Основными институциональными дисфункциями социальной политики государства, сдерживающими развитие конкурентоспособности российской экономики, выступают следующие:

- взаимосвязь «инфляция – норма процента – инвестиции»;
- низкая интенсивность конкуренции;
- коррупция и административные барьеры;
- институциональная ловушка (порочный круг бедности): «низкие доходы населения – низкие уровни инвестиций и сбережений – низкие темпы и объемы накопления капитала – низкая производительность труда – низкие доходы населения и низкие пенсии»;

– низкая эффективность социально-экономической политики государства (неразвитость малого бизнеса, неразвитость институтов гражданского общества, низкая эффективность функционирования систем здравоохранения, образования, культуры, жилищно-коммунального хозяйства, электронного правительства и др. Рассмотрим их более подробно [8, 9].

1. Важной причиной, сдерживающей формирование в России эффективного социально-ориентированного рыночного хозяйства,

являются кризисные проявления во взаимосвязанных рыночных параметрах: «инфляция – норма процента – инвестиции», обусловленные следующими факторами и условиями.

Эффективная инвестиционная политика государства является важнейшим фактором динамичного развития экономики и, следовательно, решения социальных проблем:

- инвестиции увеличивают объемы произведенного валового внутреннего продукта;
- инвестиции обеспечивают совершенствование отраслевой структуры экономики;
- без роста инвестиций невозможно модернизировать техно-технологическую и информационную базу промышленности;
- масштабные инвестиции необходимы для совершенствования рыночной и производственной инфраструктуры российской экономики;
- инвестиции обладают мультипликационным эффектом, их рост в конкретной отрасли ведет к росту производства не только в данной отрасли, но и в смежных отраслях, технологически связанных между собой;
- активная инвестиционная деятельность улучшает не только количественные, но и качественные показатели различных уровней экономической системы (обновление основного капитала и его фондоотдачу, рост производительности труда, качество выпускаемой продукции и услуг и др.).

Таким образом, рост инвестиций создает благоприятные условия для повышения уровня и качества жизни всех слоев населения. Достигнутый уровень благосостояния является следствием предыдущей инвестиционной деятельности, а сегодняшние инвестиции создают условия для роста эффективности производства, занятости и доходов населения в будущем.

В связи с этим возрастает роль инвестиционных институтов как факторов и источников экономического развития. Однако как показывает практика и анализ финансово-инвестиционной системы РФ за последние годы инвестиционные институты находятся в кризисном состоянии, что позволяет говорить об их дисфункциональности [8].

Сокращается спрос на инвестиционные ресурсы: в 2014 г. общий объем инвестиций сократился на 2%, в 2015 г. – на 6%, в 2016 г. – на 3%. Большинство предприятий не использует кредитные ресурсы, так как сложившиеся ставки (процент) по кредиту превышают рентабельность промышленного производства. Более того, предприятиям реального сектора экономики выгодно хранить свободные денежные средства в коммерческих банках, а не вкладывать их в развитие производства.

Основной индикатор, от которого зависит норма ссудного процента, – уровень инфляции. В условиях высокой инфляции невозможно снизить норму ссудного процента до приемлемого для его потребителей уровня.

В связи с высоким уровнем инфляции, а следовательно, и нормы процента, снижаются стимулы инвестировать, падает инновационная активность предприятий, создаются барьеры долгосрочным капиталовложениям и т. д.

Государственные макроэкономические институты обязаны разработать антиинфляционную программу, предусматривающую реализацию комплексных мер воздействия на все причины и источники инфляции. Это позволит ограничить темпы роста цен на уровне 3–5% в год, стабилизировать рынок капитала и национальную валюту, активизировать инвестиционную деятельность субъектов экономики.

В экономической теории при анализе источников роста цен на товары и услуги выделяют так называемую «инфляцию издержек» и инфляцию «спроса». В России основным источником инфляции издержек являются естественные и экономические монополии. Но причина инфляции издержек не экономическая, а институциональная. Федеральная антимонопольная служба (ФАС) призвана регулировать цены на товары и услуги монополистических структур. Сложившийся уровень издержек производства, цен и тарифов монополистических структур оказывает существенное влияние на ценообразование в остальных отраслях и сферах экономики и, тем самым, либо подавляет, либо раскрепощает естественные силы конкуренции.

Однако в монополизированных отраслях цены растут более быстрыми темпами по сравнению с другими сферами и отраслями экономики. В итоге сложившаяся в российской экономике структура цен превращает производство большинства видов промышленной и сельскохозяйственной продукции в низкорентабельное и неконкурентоспособное.

Это позволяет утверждать, что институты ФАС не выполняют должным образом своих функций. Результатом такой ошибочной институциональной политики государства являются деформации в структуре российской экономики, выражающиеся в том, что ускоренно развиваются инфраструктурные отрасли за счет реального сектора экономики, хотя должно быть все наоборот. Как написал «Коммерсантъ», три госмонополии – «Газпром», РЖД и «Россети» – производят около 10% ВВП и получают 25% прибыли российской экономики [11].

Поэтому представляется целесообразным законодательно регулировать темпы роста цен всех монополистов (естественных, экономических, региональных и муниципальных) путем установления их на том же уровне (и даже более низком) по сравнению с планируемым на следующий год ростом цен. К нарушителям должны применяться, как это осуществляется в США, Германии, жесткие меры воздействия. Тем самым будут созданы благоприятные условия для развития частного конкурентного сектора экономики, активизации инвестиционной деятельности рыночных субъектов, повышения конкурентоспособности российских товаров на международном рынке, повышения качества жизни населения.

Следующий источник инфляции (также носящий институциональный характер) – более высокие темпы роста денежной массы по сравнению с темпами роста валового внутреннего продукта (инфляция спроса). Представляется, что ежегодный прирост денежной массы, инициируемый денежными властями (институтами), является чрезмерным и не способствует снижению темпов роста цен до приемлемого для финансового и инвестиционного рынков уровня. В соответствии же с рекомендациями монетарной экономической теории прирост денежной массы должен быть равен темпам роста ВВП.

Не выполняют должным образом свое функциональное назначение и российские инвестиционные институты: пространственное распределение финансовых средств, аккумулярование и размещение денежных ресурсов, проведение финансовых расчетов, содействие принятию инвестиционных решений и др.

Главную роль в структуре инвестиционных институтов играют коммерческие банки – универсальные финансовые институты, трансформирующие сбережения в инвестиции. Экономический кризис в России наглядно показал слабости банковской системы, превратил многие банки в расчетно-кассовые учреждения

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Сухарев О.С. Теория экономической дисфункции. М.: Машиностроение, 2001.
- 2 Сухарев О.С. Теория дисфункции экономических систем и институтов. М.: Ленанд, 2014. С. 12.
- 3 Лейбенштайн Х. Аллокативная эффективность в сравнении с «Х-эффективностью». Теория фирмы. СПб., 1995. С. 477–506.
- 4 Четкина Е.Н. Преодоление институциональных дисфункций экономической политики в новой экономике // Наука и общество. 2012. № 6 (9).
- 5 Орехова Е.А. Культура доверия как фактор формирования гражданского общества // Современная экономика и управление: подходы, концепции, модели: материалы II Международной научно-практической конференции. 2016. С. 152–154.

и «казначейства» крупных компаний. Поэтому необходима функциональная модернизация большинства инвестиционных институтов в соответствии с потребностями социально ориентированной рыночной экономики и повышение ее конкурентоспособности.

В целях совершенствования конкурентной политики в России очевидна необходимость в новых законах и институтах, позволяющих стимулировать конкуренцию и подавлять коррупцию. Какие же меры следует принять для совершенствования конкуренции в России?

Во-первых, законодательное подкрепление, запрещающее посягательство на честную конкуренцию.

Во-вторых, создавать и развивать действенные рыночные институты (не только коммерческие банки и кредитную систему, но и контрактное законодательство, право собственности, суды, налоговый кодекс, фьючерские рынки, свободное движение факторов производства и др.)

В-третьих, создавать конкурентную среду, интенсивно развивать конкуренцию.

В-четвертых, проводить эффективную государственную экономическую политику.

В-пятых, предотвращать возникновение новых монополий и формировать конкурентную среду в монополизированных отраслях.

В-шестых, противодействовать злоупотреблениям существующих монополистических структур и др.

Таким образом, государству следует проводить инициативную макроэкономическую политику, стимулирующую слабоинфляционный экономический рост. Нужно добиться преодоления бегства капитала, переключения непроизводительных инвестиционных потоков в производительные инвестиции. Требуется также наращивать инвестиции в человеческий капитал – образование, здравоохранение, науку, охрану окружающей среды и др.

6 Луканин Ю.В. Институциональная конкурентоспособность национальной экономики и основные направления ее развития: Автореф. дис. канд. экон. наук. Саратов, 2013. 25 с.

7 Луканин Ю.В. Институциональная конкурентоспособность национальной экономики и основные направления ее развития. Саратов, 2013. 162 с.

8 Водяненко О.И. Штоколова А.А. Институциональные факторы, препятствующие формированию социально ориентированного государства // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2015. № 5 (59). С. 9–11.

9 Водяненко О.И. Многообразие моделей социальной экономики в современном мире: зарубежный опыт и отечественная практика // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2017. № 10 (57). С. 851–856.

10 Яковлев А.С. Роль социальной сферы в формировании постиндустриального общества в России / Автореф. дис. канд. экон. наук. Орел, 2012.

11 Хорев А.И. и др. Предпринимательские инструменты управления бизнес-развитием: монография. Воронеж: Научная книга, 2007.

REFERENCES

1 Suharev O.S. Teoriya ehkonomicheskoy disfunkcii [The theory of economic dysfunction]. Moscow, Mashinostroenie, 2001. (in Russian)

2 Suharev O.S. Teoriya disfunkcii ehkonomicheskikh sistem i institutov [The theory of dysfunction of economic systems and institutions]. Moscow, Lenand, 2014. pp. 12. (in Russian)

3 Lejbentajn H. Allokativnaya ehffektivnost' v sravnenii s «X-ehffektivnost'yu». Teoriya firmy [Allocative efficiency in comparison with "X-efficiency". Theory of the firm]. Saint-Petersburg, 1995. pp. 477–506. (in Russian)

4 Chechetkina E.N. Overcoming the institutional dysfunctions of economic policy in the new economy. *Nauka i obshchestvo* [Science and society]. 2012. no. 6 (9). (in Russian)

5 Orekhova E.A. The culture of trust as a factor in the formation of a civil society. *Sovremennaya ehkonomika i upravlenie: podhody, koncepcii, modeli* [Modern economics and management: approaches, concepts, models: materials of the II International scientific practical conference]. 2016. pp. 152–154. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Олег И. Водяненко к.э.н., доцент, кафедра общей экономической теории, Саратовский Социально-экономический институт РЭУ им. Г.В. Плеханова, ул. Радищева, 89, г. Саратов, 410003, Россия, vodio@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Олег И. Водяненко написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 01.07.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.08.2018

6 Lukanin Yu.V. Institucional'naya konkurento-sposobnost' nacional'noj ehkonomiki i osnovnye napravleniya ee razvitiya [Institutional competitiveness of the national economy and the main directions of its development]. Saratov, 2013. 25 p. (in Russian)

7 Lukanin Yu.V. Institucional'naya konkurento-sposobnost' nacional'noj ehkonomiki i osnovnye napravleniya ee razvitiya [Institutional competitiveness of the national economy and the main directions of its development]. Saratov, 2013. 162 p. (in Russian)

8 Vodyanenko O.I. Shtokolova A.A. Institutional factors that prevent the formation of a socially oriented state. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo social'no-ehkonomicheskogo universiteta* [Vestnik of Saratov State Socio-Economic University]. 2015. no. 5 (59). pp. 9–11. (in Russian)

9 Vodyanenko O.I. The variety of models of the social economy in the modern world: foreign experience and domestic practice. *Konkurentosposobnost' v global'nom mire: ehkonomika, nauka, tekhnologii* [Competitiveness in the global world: economy, science, technology]. 2017. no. 10 (57). pp. 851–856. (in Russian)

10 Yakovlev A.S. Rol' social'noj sfery v formirovanii postrindustrial'nogo obshchestva v Rossii [The role of the social sphere in the formation of a post-industrial society in Russia]. Orel, 2012. (in Russian)

11 Horev A.I. et al. Predprinimatel'skie instrumenty upravleniya biznes-razvitiem [Entrepreneurial business development management tools]. Voronezh, Scientific book, 2007. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Oleg I. Vodyanenko Cand. Sci. (Econ.), associate professor, General economic theory department, Saratov Socio-economic Institute REU named after G.V. Plekhanov, Radishcheva str., 89, Saratov, 410003, Russia, vodio@mail.ru

CONTRIBUTION

Oleg I. Vodyanenko wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The author declares no conflict of interest.

RECEIVED 7.1.2018

ACCEPTED 8.20.2018

Корпоративное финансирование как особый процесс. Роль микрокредитования в его организации

Лариса В. Кислицына¹ visnip@mail.ru
Екатерина С. Крикун¹ eskrikun@yandex.ru
Никита С. Суворов¹ atikin.2011@mail.ru

¹ Байкальский государственный университет, ул. Ленина, 11, г. Иркутск, 664003, Россия

Реферат. Функционирование любой компании подразумевает на практике решение большого количества вопросов, в том числе касающихся и организации процесса финансирования. В теории корпоративных финансов имеет место различные методики, существенным образом облегчающие работу финансовых менеджеров в этой части. При этом, важным и значимым является то, что в отдельных случаях практики сталкиваются с рядом проблем, которые, не прописаны классическими методиками. Ситуация усугубляется в том случае, когда решение вопросов финансирования решается в границах сложноструктурированных компаний, которые стали особым результатом структурирования капитала. Их сложная структура зачастую сочетает в себе признаки формального и неформального холдингов. Большое количество участников этих структур (таких как дочерние и зависимые общества, филиалы, структурные подразделения), организация отношений с покупателями, заказчиками, поставщиками и подрядчиками существенным образом осложняют большинство финансовых процессов, в том числе и процесс финансирования. Именно в таких случаях существует насущная необходимость в уточнение качественных характеристик финансирования как такового, в определении роли и степени влияния так называемых «скрытых» источников финансирования на результативность и эффективность использования капитала. К одному из таких источников в настоящее время можно отнести микрокредитование. Оно имеет место быть в том случае, когда представители малого бизнеса, являясь контрагентами крупного бизнеса используют этот ресурс для целей финансового обеспечения. Принимая во внимание существенную стоимость капитала в данном случае важно учитывать его влияние на результативность использования капитала компании в целом.

Ключевые слова: корпоративное финансирование, «скрытые» источники финансирования, активное финансирование, пассивное финансирование, микрокредитование, микрофинансирование, инвестирование, авансирование, малый бизнес, краудное финансирование, структурирование капитала

Corporate financing as a special process. The role of microcredit in it is organization

Larisa V. Kislitsyna¹ visnip@mail.ru
Ekaterina S. Krikun¹ eskrikun@yandex.ru
Nikita S. Suvorov¹ atikin.2011@mail.ru

¹ Baikal state university, Lenina st., 11 Irkutsk, 664003, Russia

Summary. The operation of any company implies in practice the solution of a large number of issues, including the organization of the financing process. In the theory of corporate finance, there are different methods that significantly facilitate the work of financial managers in this part. At the same time, it is important and significant that in some cases, practitioners face a number of problems that are not prescribed by classical methods. The situation is exacerbated by the solution of financing issues within the complex structured companies, which have become a special result of the capital structuring. Their complex structure often combines the signs of formal and informal holdings. A large number of participants in these structures (such as subsidiaries and affiliates, affiliates, structural units), organization of relations with customers, suppliers and contractors significantly complicate most financial processes, including the financing process. In such cases, there is an urgency to clarify the qualitative characteristics of financing, necessity in determining the role and extent of the influence of "hidden" financing sources on the result and efficiency of capital use. Actually, microcredit is the one of these sources. This type of financing is used by companies, being contractors of large businesses, use this resource for financial security purposes

Keywords: corporate financing, "hidden" sources of financing, active financing, passive financing, microcredit, microfinance, investment, advance, small business, crowd financing, capital structuring

Введение

Как правило, характеризуя финансирование компании или корпоративное финансирование, внимание авторов сосредоточено либо на источниках финансирования, либо на направлениях использования капитала.

При этом не всегда целесообразно разделять такие две составляющие, как финансовое обеспечение и направление источников финансовых

ресурсов. Более того, отдельного внимания заслуживает процесс трансформации процесса финансирования, продиктованный различными причинами, в числе которых наиболее существенное значение имеют: реализация активно-пассивного финансирования и использование так называемого «скрытого» финансирования (первоисточником которого выступает микрокредитование).

Для цитирования

Кислицына Л.В., Крикун Е.С., Суворов Н.С. Корпоративное финансирование как особый процесс. Роль микрокредитования в его организации // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 494–499. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-494-499

For citation

Kislitsyna L.V., Krikun E.S., Suvorov N.S. Corporate financing as a special process. The role of microcredit in it is organization. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 494–499. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-494-499

Цель работы – выявление особенностей содержания процесса корпоративного финансирования в современных условиях и определение роли микрокредитования как первоисточника «скрытого» финансирования в его организации.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи: рассмотреть корпоративное финансирование как особый процесс, охарактеризовать направление трансформации финансирования в части реализации активно-пассивного финансирования, определить роль микрокредитования в организации процесса корпоративного финансирования.

Теоретико-методической основой исследования являлись работы отечественных и зарубежных авторов, чьи интересы касаются вопросов корпоративного финансирования, финансирования малого бизнеса, проблематики микрокредитования. Отдельные выводы в исследовании были сформулированы на базе научных трудов отечественных экономистов: Суходолова А.П., Жигас М.Г., Орловой Е.Н., Калачевой О.С., Киселева Д.А., Криворучко С.В. и др. Для настоящей работы особый интерес представляли научные труды зарубежных исследователей, которые внесли весомый вклад в разработку теоретических основ корпоративного финансирования, в числе которых: Коласс Б., Уолш К., Хикс Дж. Р.

Научная новизна состоит в развитии теоретических представлений о корпоративном финансировании как особом двуедином процессе и выявлении роли микрокредитования как первоисточника «скрытого» финансирования в его организации.

Теоретическая значимость заключается в уточнении содержания понятия «корпоративное финансирование» в части реализации его в активно-пассивной форме.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования полученных выводов при принятии решений в части организации процесса финансирования.

Материалы и методы

Использовали системный подход при анализе корпоративного финансирования как особого процесса. Рассматривали роль микрокредитования путем выделения особенностей применения этого источника финансирования. Эмпирическими методами исследования являлись: наблюдение, сравнение, синтез теоретического и практического материала, выборка и обобщение.

Традиционно процесс управления капиталом компании ориентирован на максимизацию стоимости бизнеса, которая является одним из ключевых показателей результативности [1–3]. При этом для достижения определенного

уровня результативности управления компанией важно и значимо качественным образом организовать процесс финансирования как таковой. Если же сделать акцент либо на финансовом обеспечении, либо на направлениях использования уже сформированного капитала, то существует вероятность конфликта интересов заинтересованных сторон и нарушения финансового равновесия. А следовательно, характеризуя корпоративное финансирование как особый процесс и обеспечивая его организацию в практической деятельности, необходимо одновременно уделять внимание обеспечению финансовыми ресурсами и направлениям их использования. На практике организация финансирования представляет собой процесс принятия решений в части выбора форм, способов, источников капитала и решений об определении направлений использования привлеченных ресурсов. Выбор касается трех основных крупных направлений: вложение (инвестирование), авансирование и расходование. При этом реализация любого из названных направлений предполагает выбор источников финансового обеспечения, содержания обязательств и генерирования тех или иных результатов.

Для полноты характеристики финансирования компании в части финансового обеспечения используют различные классификации. Любая из известных классификаций дает возможность сосредоточиться в каждом конкретном случае на качественно разнородных характеристиках корпоративного финансирования.

Можно анализировать финансирование с учетом связи источников финансового обеспечения с хозяйственными операциями или связи с рынками и разделять такие составляющие финансового обеспечения как внутреннее и внешнее финансирование. При этом все операции, реализуемые в процессе внешнего финансирования, предполагают непосредственную связь с рынками капитала. А операции в части внутреннего финансирования есть результат в ходе платежных отношений между компаниями и рынками нефинансовой сферы.

Интерес представляет классификация внешнего финансирования в зависимости от субъектов, предоставляющих капитал в распоряжение компании. Здесь возможно различать финансирование за счет: капитала постоянных собственников, новых собственников, кредиторов, а также за счет заимодателей с одновременным сочетанием прав собственников и кредиторов.

Использование иного классификационного подхода, в основе которого заложены источники капитала, позволяет качественно охарактеризовать внутреннее финансирование. Именно капитализация прибыли либо высвобожденный

из оборота ранее авансированный капитал подразумеваются под источниками финансирования в данном случае. Высвобождение капитала может осуществляться такими способами, как: реализация непрофильных активов, обеспечение входящего денежного потока в виде амортизации, доходов от реализации непрофильных активов и прибыли, сформированной за счет ускорения оборачиваемости имеющегося капитала. Используя внутреннее финансирование, компания создает для себя возможность обеспечить активное финансирование, которое отличается качественной особенностью. Последняя проявляется в том, что высвобождение капитала в данном случае определяется как результат совокупности операций, сопровождающих высвобождение капитала компании ранее был вложенного (авансированного) в ее активы [4].

Практическим примером высвобождения капитала могут являться финансовые потоки в виде выручки, генерируемые в результате повышения скорости оборачиваемости оборотного капитала компании. Обособление в составе выручки амортизации как составного элемента cash flow позволяет качественно уточнить анализ указанного направления финансирования.

Реализация активного финансирования посредством высвобождения капитала позволяет получить для компании различные экономические выгоды: существенное сокращение потребности во внешних источниках финансирования, в накоплении собственного капитала, а также повышение отдачи капитала в целом.

Активное финансирование в форме ускорения оборачиваемости капитала сокращает потребность во внешних источниках финансирования, однако обеспечивается исключительно высоким качеством управленческих решений финансовых менеджеров.

Внешнее финансирование, в свою очередь, является составляющим элементом пассивного финансирования. Последнее есть результат совокупности операций, посредством которых капитал может быть мобилизован в распоряжение компании от различных кредиторов. Использование этого финансирования особым образом влияет на изменение содержания и статей пассива баланса. Качественно уточнить характеристику финансирования в данном случае возможно, разграничив его источники на собственную, заемную и привлеченную составляющие.

Собственный капитал как одна из составляющих финансового обеспечения предполагает чаще всего практически неограниченный срок предоставления с сочетанием непосредственного участия его собственников в управлении компанией. Отличительной особенностью заемного капитала является то, что он предоставляется

кредиторами с обязательным выполнением условий возвратности, срочности и платности.

Привлеченный капитал в компании чаще всего представлен в форме кредиторской задолженности, формирующейся при организации отношений с различными контрагентами в виде: предоплаты со стороны покупателей, передачи финансовых ресурсов в рамках отношений с материнской компанией, пополнения оборотного капитала за счет финансовых потоков в результате отношений с поставщиками и временного удержания инкассированной выручки в части, предназначенной для расчетов с контрагентами.

В каждом конкретном случае обращает на себя внимание процесс трансформации процесса финансирования как такового. В настоящее время особый интерес представляет такая часть кредиторской задолженности, как задолженность перед подрядчиками. В том случае когда отношения с этими контрагентами были оформлены в результате процесса структурирования компаний посредством структурирования их капитала, в ходе которого, как правило, выполнение многих видов работ было передано сторонним организациям с целью оптимизации налоговой нагрузки и обеспечения сбалансированности денежных потоков при одновременном предоставлении подрядчикам, например, на условиях аренды имущества компании. Другими словами, в данном случае имеет место сочетание форм активного и пассивного финансирования.

Результаты и обсуждение

Учитывая особенности формирования источника финансирования в виде кредиторской задолженности, в данном случае можно такую форму финансового обеспечения квалифицировать как активно-пассивное финансирование.

Для оценки результативности такого процесса финансирования необходимо учитывать стоимость капитала фирмы-подрядчика. Особый интерес здесь представляют контрагенты, являющиеся представителями малого бизнеса. Теоретически капитал малого бизнеса в качестве источников ресурсов может использовать собственные, заемные и привлеченные средства. В последнее время повышен интерес к малому и среднему бизнесу представителей российского рынка лизинговых услуг. Не случайно в работе Суходолова А.П. и Кульдюковой И.В. именно этот сегмент отмечен в качестве перспективного [5]. Также активно обсуждаются возможности использования краудного финансирования как альтернативного источника финансового обеспечения предприятий малого бизнеса [6–9]. Инновационную деятельность малого бизнеса традиционно связывают с венчурным финансированием [10].

Практический интерес для целей настоящей работы представляет качественное наполнение отдельных составляющих.

Возможность привлечения заемных средств ассоциируется, как правило, с банковским сектором. К слову сказать, в России в настоящее время именно он и является доминирующим поставщиком финансовых услуг. Однако в последние годы все большую популярность приобретает микрофинансирование [11].

На сегодняшний момент термин «микрофинансирование» трактуется не всегда однозначно [12]. Чаще всего его рассматривают с позиции «процесса предоставления различных финансовых услуг (кредиты, сбережения, денежные переводы, страхование) клиентам преимущественно с низкими доходами». В этом случае понятие «микрофинансирование» фактически отождествляется с «микрокредитованием», то есть оказанием услуг по предоставлению небольших по сумме и недостаточно обеспеченных краткосрочных заемных финансовых ресурсов. Такая трактовка аргументирует и мнение многих авторов о том, что основное внимание к микрофинансированию привлечено как к инновационному инструменту развития кредитной системы.

Микрофинансирование ассоциируется с личными финансами (финансами домохозяйств) и действительно очень востребовано в этой сфере в качестве источника финансирования. Микрофинансирование субъектов малого предпринимательства также может осуществляться через компании-МФО. По мнению многих авторов, создание именно эффективной системы кредитования, прежде всего для дополнительного стимулирования производства и услуг, а также оказания помощи начинающим предпринимателям в приобретении опыта получения прибыли и накопления первоначального капитала [13]. Но по данным официальной статистики ЦБ РФ доля микрокредитов для малого бизнеса незначительна и составляет в среднем 6–7% от числа общей суммы задолженности.

В контексте настоящей работы важно заметить, что как источник финансовых ресурсов малого бизнеса может быть перенаправлено микрофинансирование из сферы личных финансов. При этом анализу и оценке такое перераспределение потоков практически не поддается, справедливо отмечено, что зачастую домохозяйства относятся к так называемым субъектам ненаблюдаемой экономики [14], что позволяет характеризовать этот источник как «скрытый». И если по разным оценкам доля физических лиц в числе кредиторов МФО занимает до 85%, то можно с уверенностью утверждать, что в их числе значительная доля

заимствований, основной целью которых является направление «личных» финансов с рынка микрокредитования на предпринимательскую деятельность, например, на цели финансирования кассовых разрывов при ведении бизнеса. Проблема сбалансированности денежных потоков в сфере представителей малого бизнеса очень актуальна. Она является текущей задачей и для фирм-подрядчиков, деятельность которых оформлена договорными отношениями с крупным бизнесом. Так, например, расчеты за выполненные работы осуществляются с существенным временным лагом после подписания актов выполненных работ и проверки качества этих работ. Причина здесь зачастую техническая, связана с особенностями исполнения бюджетов сложно структурированной компании-заказчика, но для представителя малого бизнеса она может стать существенной. И результатом процесса организации финансирования фирмы-подрядчика является вынужденная мера: привлечение ресурсов на единственно доступном для них рынке, а следовательно, и более дорогостоящем, а именно на рынке микрокредитования. Проблематика заключается в низком уровне финансового потенциала представителей микробизнеса. А его тесная связь с домохозяйством только усугубляет проблему [15–20].

В итоге высокая (в отдельных случаях до 10% в день) стоимость ресурсов компании-подрядчика прямо или косвенно влияет на результативность процесса финансирования и компании-заказчика. Прямое влияние проявляется в том, что подрядчик, учитывая повышенную цену капитала, вынужден повышать стоимость работ. Косвенное же влияние имеет место в том случае, когда представители крупного бизнеса (заказчика в данном случае) фиксируют стоимость услуг подрядчика в рамках договорных отношений. Последний, в свою очередь, компенсируя для себя потерю рентабельности за счет повышенной стоимости используемого капитала, вынужденно снижает финансирование текущих расходов, что приводит к снижению качества ресурсов (трудовых, материальных и других) и снижению качества работ.

Заключение

Хотелось бы отметить, что трансформация процесса корпоративного финансирования продиктована сегодняшними реалиями и скорее всего найдет свое продолжение в виде различных схем финансирования в дальнейшем. Отдельно стоит подчеркнуть, что сформулированные в настоящей работе выводы о трансформации процесса корпоративного финансирования могут стать основой для дальнейших научных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коласс Б. Управление финансовой деятельностью предприятия. Проблемы, концепции и методы: учеб. пособие: пер. с франц. М.: Финансы, ЮНИТИ, 1997. 576 с.
2. Хикс Дж.Р. Стоимость и капитал: пер. с англ. М.: Прогресс, 1993.
3. Уолш К. Ключевые показатели менеджмента. Как анализировать, сравнивать и контролировать данные, определяющие стоимость компании: пер. с англ. М.: Дело, 2000. 360 с.
4. Винокурова В.П., Кислицына Л.В. Структурирование предприятий как предпосылка для изменения направленности их финансирования // Известия ИГЭА. 2010. № 1 (69). С. 18–23.
5. Суходолов А.П., Кульдюкова И.В. Особенности финансирования субъектов малого бизнеса с применением лизинговой схемы // Известия Иркутской государственной экономической академии. 2011. № 3 (77). С. 22–25.
6. Киселев Д.А., Фоканова Е.А. Краудинвестинг как источник финансирования малого бизнеса в условиях кризиса // Science time. 2015. № 11 (23). С. 246–250.
7. Василенко Т.А. Особенности развития краудлендинга в России // Символ науки. 2015. № 5. С. 90–94.
8. Хау Дж. Краудсорсинг. Коллективный разум как инструмент развития бизнеса. Москва: Альбина паблишер, 2012. 288 с.
9. Green Ch.H. Banker's guide to New Small Business Finance. N.J.: Wiley, 2014.
10. Калачева О.С. Венчурное финансирование и инновационная активность малого предпринимательства // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2010. № 1. С. 155–159.
11. Жигас М.Г., Петрова И.А. Тенденции микрофинансирования в России // Baikal research journal. 2018. Т. 9, № 2. doi: 10.17150/2411–6262.2018.9(2).1
12. Абелев О. Институт микрофинансирования в России: перспективы развития бизнеса // Рынок ценных бумаг. 2013. № 1. С. 32–35.
13. Криворучко С.В., Абрамова М.А. Микрофинансирование в России. М.: КНОРУС: ЦИПСИР, 2013. 168 с.
14. Орлова Е.Н. Домохозяйства как субъекты ненаблюдаемой экономики // Baikal research journal. 2013. № 1. С. 22–25.
15. Кислицына Л.В., Унтапов А.Б. Теоретические аспекты финансов домашних хозяйств // Baikal research journal. 2015. Т. 6. № 2. doi: 10.17150/2072–0904.2015.6(2).7 URL: <http://eizvestia.isea.ru/reader/article.aspx?id=20019>
16. Freund S., Latif S., Phan H. V. Executive compensation and corporate financing policies: Evidence from CEO inside debt // Journal of corporate finance. 2018. V 50. P. 484–504.
17. Nguyen T., Nguyen H. G., Yin X. Corporate governance and corporate financing and investment during the 2007–2008 financial crisis // Financial management. 2015. V. 44. №. 1. P. 115–146.
18. Ayturk Y. The effects of government borrowing on corporate financing: Evidence from Europe // Finance research letters. 2017. V. 20. P. 96–103.
19. Drover W., Busenitz L., Matusik S., Townsend D. et al. A review and road map of entrepreneurial equity financing research: venture capital, corporate venture capital, angel investment, crowdfunding, and accelerators // Journal of management. 2017. V. 43. №. 6. P. 1820–1853.
20. Lennox C., Wang Z.T., Wu X. Earnings management, audit adjustments, and the financing of corporate acquisitions: Evidence from China // Journal of accounting and economics. 2018. V. 65. №. 1. P. 21–40.

REFERENCES

1. Colasse B. Upravlenie finansovoy deyatel'nost'yu predpriyatiya. Problemy, koncepcii i metody [Financial management of the company. Problems, concepts and methods]. Moscow, Finance, Unity, 1997. 576 p. (in Russian).
2. Hicks J.R. Stoimost' i kapital [Value and capital]. Moscow, Progress, 1993. (in Russian).
3. Walsh K. Klyuchevye pokazateli menedzhmenta. Kak analizirovat', sravnivat' i kontrolirovat' dannye, opredelyayushchie stoimost' kompanii [Key management ratios. How to analyze, compare and control the figures that drive company value]. Moscow, Delo, 2000. 360 p. (in Russian).
4. Vinokurova V.P., Kislitsyna L.V. Enterprises structuring as a prerequisite for their financing modification. *Izvestiya Irkutskoi gosudarstvennoi ekonomicheskoi akademii* [News of the Irkutsk State Economic Academy]. 2010. no 1 (69). pp. 18–23.
5. Sukhodolov A.P., Kuldyukova I.V. Peculiarities of financing small business using leasing scheme. *Izvestiya Irkutskoi gosudarstvennoi ekonomicheskoi akademii* [News of the Irkutsk State Economic Academy]. 2011. no. 3 (77). pp. 22–25. (in Russian).
6. Kiselev D.A., Fokanova E.A. Crowd-investing as a source of funding small businesses in terms of crisis. *Science time*. 2015. no. 11 (23). pp. 246–250. (in Russian).
7. Vasilenko T.A. The main features of Crowdlending development in Russia. *Simvol nauki* [Symbol of science]. 2015. no. 5. pp. 90–94. (in Russian).
8. Howe J. Kraudsorsing. Kollektivnyj razum kak instrument razvitiya biznesa [Kraudsorsing. Crowdsourcing. Why the power of the crowd is driving the future of business]. Moscow, Albina publisher, 2012. 288 p. (in Russian).
9. Green Ch.H. Banker's guide to New Small Business Finance. N.J., Wiley, 2014.
10. Kalacheva O.S. Venture financing and innovative activity of small business. *Biznes. Obrazovanie. Pravo. Vestnik Volgogradskogo instituta biznesa*. [Business. Education. Right. Bulletin of volgograd business institute]. 2010. no. 1. pp. 155–159. (in Russian).
11. Zhigas M.G., Petrova I.A. Trends of Microfinancing in Russia. *Baikal research journal*. 2018. vol. 9. no. 2. doi: 10.17150/2411–6262.2018.9(2).1 (in Russian).
12. Abelev O. The institute of micro-financing in Russia: prospects of business development. *Rynok tsennykh bumag* [Securities market]. 2013. no. 1. pp. 32–35. (in Russian).
13. Krivoruchko S.V., Abramova M.A. Mikrofinansirovanie v Rossii [Micro-financing in Russia]. Moscow, KNORUS, CIPSiR, 2013. 168 p. (in Russian).
14. Orlova E.N. Households as entities of non-observed economy. *Baikal research journal*. 2018. no 1. pp. 22–25. (in Russian).

15. Kislitsyna L.V., Untanov A.B. Theoretical aspects of household finance. *Baikal research journal*. 2015. vol. 6. no. 2. Available at: <http://eizvestia.isea.ru/reader/article.aspx?id=20019> doi: 10.17150/2072-0904.2015.6(2).7 (in Russian)

16. Freund S., Latif S., Phan H.V. Executive compensation and corporate financing policies: Evidence from CEO inside debt. *Journal of corporate finance*. 2018. vol. 50. pp.484-504.

17. Nguyen T., Nguyen H.G., Yin X. Corporate governance and corporate financing and investment during the 2007-2008 financial crisis. *Financial management*. 2015. vol. 44. no. 1. pp. 115-146.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Лариса В. Кислицына к.э.н., доцент, кафедра «Финансы и финансовые институты», Байкальский государственный университет, ул. Ленина, 11, г. Иркутск, 664003, Россия, visnip@mail.ru

Екатерина С. Крикун ст.преподаватель, кафедра «Финансы и финансовые институты», Байкальский государственный университет, ул. Ленина, 11, г. Иркутск, 664003, Россия, eskrikun@yandex.ru

Никита С. Суворов аспирант, кафедра «Финансы и финансовые институты», Байкальский государственный университет, ул. Ленина, 11, г. Иркутск, 664003, Россия, atikin.2011@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Лариса В. Кислицына написала рукопись, редактировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Екатерина С. Крикун консультация в ходе исследования

Никита С. Суворов обзор литературных источников по исследуемой проблеме

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 03.05.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 13.07.2018

18. Ayturk Y. The effects of government borrowing on corporate financing: Evidence from Europe. *Finance research letters*. 2017. vol. 20. pp. 96-103.

19. Drover W., Busenitz L., Matusik S., Townsend D. et al. A review and road map of entrepreneurial equity financing research: venture capital, corporate venture capital, angel investment, crowdfunding, and accelerators. *Journal of management*. 2017. vol. 43. no. 6. pp. 1820-1853.

20. Lennox C., Wang Z.T., Wu X. Earnings management, audit adjustments, and the financing of corporate acquisitions: Evidence from China. *Journal of accounting and economics*. 2018. vol. 65. no. 1. pp. 21-40.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Larisa V.Kislitsyna Cand. Sci. (Econ.), associate professor, finance and financial institutions department, Baikal state university, Lenina st., 11, Irkutsk, 664003, Russia, visnip@mail.ru

Ekaterina S. Krikun senior lecturer, finance and financial institutions department, Baikal state university, Lenina st., 11, Irkutsk, 664003, Russia, eskrikun@yandex.ru

Nikita S. Suvorov graduate, finance and financial institutions department, Baikal state university, Lenina st., 11, Irkutsk, 664003, Russia, atikin.2011@mail.ru

CONTRIBUTION

Larisa V.Kislitsyna wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Ekaterina S. Krikun consultation during the study

Nikita S. Suvorov review of the literature on an investigated problem

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 5.3.2018

ACCEPTED 7.13.2018