

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»



**ВЕСТНИК
ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

ВЕСТНИК ВГУИТ

2019, Том. 81, № 3

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В 1938 ГОДУ
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

**Воронеж
2019**

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education

«VORONEZH STATE UNIVERSITY
OF ENGINEERING TECHNOLOGIES»

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

Proceedings of VSUET

2019, Vol. 81, No. 3

SCIENTIFIC AND THEORETICAL JOURNAL

FOUNDED IN 1938
COMES 4 TIMES PER YEAR

**Voronezh
2019**

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

Письмо о Перечне рецензируемых научных изданий от 28.12.2018 г. (<https://goo-gl.ru/4XHR>)

Материалы журнала размещаются в

БД РИНЦ, БД AGRIS – выборочно, ЭБС Лань, ЭБС IPRbooks, ЭБ КиберЛенинка, БД ВИНТИ РАН,
НИС Соционет, БД Directory of Open Access Journals (DOAJ), БД Open Access scholarly Resources (ROAD),
The European Library (TEL), БД AcademicKeys, Research Bible, БД EBSCO Publishing, Academic Keys

В журнале представлены статьи по следующим научным специальностям:

05.18.00 – Технология продовольственных товаров;

05.17.00 – Химическая технология;

08.00.00 – Экономические науки

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА

Председатель (Главный редактор):

ПОПОВ ВАСИЛИЙ НИКОЛАЕВИЧ доктор биологических наук, профессор, профессор РАН, врио ректора, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия) ORCID: 0000-0003-1294-8686

Заместители председателя (Зам. главного редактора):

КОРНЕЕВА ОЛЬГА СЕРГЕЕВНА доктор биологических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, проректор по научной и инновационной деятельности, зав. кафедрой биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия) ORCID: 0000-0002-2863-0771

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, советник при ректорате по науке, зав. кафедрой машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия) ORCID: 0000-0002-8932-5922

АХМЕДОВ МАГОМЕД ЭМИНОВИЧ доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой товароведения и экспертизы, Дагестанский государственный технический университет (Махачкала, 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) ORCID: 0000-0002-1547-9814

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

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)

МАКСИМЕНКО ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе и инновациям, заместитель заведующего кафедрой технологические машины и оборудование, Астраханский государственный технический университет (Астрахань, 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)

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

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

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) ORCID: 0000-0002-1416-0297

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)

АМИРОВА ЭЛЛИ доктор наук, основатель и генеральный директор Succipto Inc. (Ла-Меса, США) ORCID: 0000-0002-9377-3875

БРЕНЧ АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ кандидат технических наук, доцент, декан инженерно-технологического факультета учреждения образования, Белорусский государственный аграрный технический университет (Минск, Беларусь) ORCID: 0000-0001-6604-9366

ВАЙБХАВКУМАР ГАВАЛИ доктор наук, постдокторант, фармакология, отделение внутренней медицины, Медицинский колледж (Цинциннати, США) ORCID: 0000-0002-7917-4913

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)

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

КАЧАНОВА МИРОСЛАВА доктор наук, профессор кафедры плодоводства, виноградарства и экологии, Словацкий сельскохозяйственный университет (Нитра, Словакия), отдел биоэнергетики и пищевых технологий, Жешувский университет (Жешув, Польша) ORCID: 0000-0002-4460-0222

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

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)

МАСЛОВ АЛЕКСАНДР доктор медицинских наук, доцент кафедры генетики, Медицинский колледж Альберта Эйнштейна (Нью-Йорк, США) ORCID: 0000-0001-5402-8891

ОСПАНОВ, АБДЫМАНАП АБУБАКИРОВИЧ академик КазНАЕН, доктор технических наук, профессор, руководитель учебного научно-производственного Центра «Технология перерабатывающих производств», Казахский национальный аграрный университет (Алматы, Казахстан) ORCID: 0000-0002-3813-603X

ПАНДА ВАНДАНА доктор наук, доцент кафедры фармакологии, Ведущий фармацевтический колледж им. К. М. Кунднани (Мумбаи, Индия) ORCID: 0000-0002-7016-7813

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

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) ORCID: 0000-0002-6940-7998

СУНДАРРАДЖАН ПРИЯ магистр наук, доктор наук, доцент кафедры естественных наук и биохимии, колледж Святого Ксавьера, Университет Мумбаи (Мумбаи, Индия)

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

ЭСРА КАПАНОГЛУ доктор наук, доцент кафедры пищевой инженерии, Стамбульский технический университет (Стамбул, Турция) ORCID: 0000-0003-0335-9433

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)

БИТЮКОВ ВИТАЛИЙ КСЕНОФОНОВИЧ доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, советник при ректорате, профессор кафедры информационных и управляющих систем, 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 САВВОВИЧ 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) ORCID: 0000-0002-2588-9286

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

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) ORCID: 0000-0002-8438-0607

АВЕЗОВ АЗИЗУЛЛО ХАБИБОВИЧ доктор экономических наук, профессор кафедры отраслевых рынков, Худжандский Политехнический институт Таджикского Технического университета им. Академика М.С. Осими (Худжанд, Таджикистан) ORCID: 0000-0002-5867-648X

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 НИИЭОАПК 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) ORCID: 0000-0001-5496-1446

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 09.09.2019. Подписано в печать 19.09.2019
Выход в свет: 27.09.2019
Формат 70×100 1/8.
Усл. печ. л. 62 Тираж 1500 экз. Заказ.
Цена – свободная.

© ФГБОУ ВО
«Воронеж. гос. ун-т инж.
технол.», 2019

**The magazine is included in the list of publications recommended
by the Higher Attestation Commission
Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation
for the publication of dissertation research**

Letter of the List of Peer-reviewed Scientific Publications from 28/12/2018. (<https://goo-gl.ru/4XHR>)

Journal materials are placed in

RSCI DB, AGRIS DB - selectively, EB Doe, EBR IPRbooks, EB CyberLenink, DB VINITI RAS, NIS Socionet, Directory of Open Access Journals (DOAJ) database, Open Access scholarly Resources (ROAD) database, The European Library (TEL), AcademicKeys database, Research Bible, EBSCO Publishing database, Academic Keys

The journal presents articles on the following scientific specialties:

05.18.00 – Food Technology;

05.17.00 – Chemical Technology;

08.00.00 – Economics

EDITORIAL COUNCIL

Chairman (Editor-in-chief):

POPOV, VASILIIY NIKOLAEVICH Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Russian Academy of Sciences, Rector, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia) ORCID: 0000-0003-1294-8686

Vice-chairman (Deputy Chief Editor):

KORNEEVA, OLGA SERGEEVNA Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Worker of Higher School of Russia, Vice Rector for scientific and innovative activity, Head of the Department of Biochemistry and Biotechnology, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia) ORCID: 0000-0002-2863-0771

EDITORIAL TEAM

Processes and devices for food production

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, SERGEY TIKHONOVICH Doctor of Technical Sciences, professor, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, honored inventor of the Russian Federation, Advisor to the administration of science, Head of the Department of machines and equipment for the food industry, Voronezh state university of engineering technologies (Voronezh, Russia) ORCID: 0000-0002-8932-5922

AHMEDOV, MAGOMED EMINOVICH doctor of technical sciences, professor, head. Department of Commodity Science and Expertise, Dagestan State Technical University (Makhachkala, 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) ORCID: 0000-0002-1547-9814

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

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)

MAKSIMENKO, YURI ALEKSANDROVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Research and Innovation, Deputy Head of the Department of Technological Machines and Equipment, Astrakhan State Technical University (Astrakhan, 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)

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)

CHERTOV, EVGENY DMITRIEVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Advisor to the administration, 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)

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)

Food biotechnology

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, GENNADII 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 MIKHAILOVNA 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)

AMIROVA ELLIE DAOM, PhD, Diplomate of OM, LAc), Founder and CEO of Succurro Inc. (La Mesa, USA)
ORCID: 0000-0002-9377-3875

BRENCH, ANDREY ALEXANDROVICH Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Engineering and Technology of the Educational Institution, Belarusian State Agrarian Technical University (Minsk, Belarus)
ORCID: 0000-0001-6604-9366

VAIBHAVKUMAR, SHANTARAM GAWALI, M.Pharm., Ph.D., Postdoctoral Fellow, Pharmacology, Department of Internal Medicine, College of Medicine, India affiliated to University of Cincinnati. (Cincinnati, USA) ORCID: 0000-0002-7917-4913

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)

IZTAEV AUELBEK 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)

KACANIOVA MIROSLAVA PhD., Department of Fruit sciences, Viticulture and Enology, Faculty of Horticulture and Landscape Engineering, Slovak University of Agriculture (Nitra, Slovakia), full professor, Department of Bioenergy and Food Technology, Faculty of Biology and Agriculture, University of Rzeszow (Rzeszow, Poland) ORCID: 0000-0002-4460-0222

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)

LISITSYN, ANDREI BORISOVICH 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. Gorbатов. (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)

MASLOV ALEXANDER MD/PhD, Research Assistant Professor, Department of Genetics, Albert Einstein College of Medicine (New York, USA) ORCID 0000-0001-5402-8891

OSPA NOV, ABDYMANAP ABUBAKIROVICH Academician KazNAEN, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Educational Research and Production Center "Technology of Processing Industries", Kazakh National Agrarian University (Almaty, Kazakhstan) ORCID: 0000-0002-3813-603X

PANDA, SANJEEV VANDANA Ph.D., Associate Professor, Pharmacology, Prin. K. M. Kundnani College of Pharmacy (Mumbai, India) ORCID: 0000-0002-7016-7813

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)

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)

SUNDARRAJAN PRIYA M.Sc, Ph.D., Associate Professor, Department of Life Science and Biochemistry, St. Xavier's College, India affiliated to University of Mumbai. (Mumbai, India)

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)

ESRA CAPANOGLU Ph.D., Associate Professor, Istanbul Technical University, Food Engineering Department (Istanbul, Turkey)
ORCID: 0000-0003-0335-9433

Chemical Technology

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)

BITIUKOV, VITALII KSENOFONTOVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of Russia, Advisor to the administration, Professor of the Department of Information and Control Systems, 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)

Economics and Management

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)

AVESOV, AZIZULL HABIBOVICH Doctor of Economics, Professor, Department of Industrial Markets, Khujand Polytechnic Institute of Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi (Khujand, Tajikistan) ORCID: 0000-0002-5867-648X

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)

Official site: www.vestnik-vsuet.ru

Subscription index of the publication in the Rospechat agency 70927

Executive Secretary: DERKANOSOVA A.A. (email post office: post@vestnik-vsuet.ru)

Founder: Voronezh State University of Engineering Technologies

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications: Certificate of Registration ПИ № ФС77-56830 January 29, 2014

Address of the university, editorial office, publishing house and printing department of FSBEI HE "VGUIT"

394036, Voronezh, pr. Revolution 19, room 11

tel / fax: (473) 255-37-16

E-mail: post@vestnik-vsuet.ru

Put in set 09.09.2019. Signed to print 19.09.2019

The publication: 27.09.2019

Format 70×100 1/8.

Conditional Print l. 62 Circulation 1500 copies.

Price - Free.

© FSBEI HE

"Voronezh State University
of Engineering
Technologies ", 2019

Содержание

Процессы и аппараты пищевых производств

Степанов В.И., Иванов В.В., Шариков А.Ю., Амелякина М.В., Поливановская Д.В.	17
Экструдирование зернового сырья с использованием процесса рекуперации пара	
Желтоухова Е.Ю., Кравченко А.Н., Кондрашина Е.Д.	23
Оптимизация процесса производства твердого хозяйственного мыла	
Хвостов А.А., Журавлев А.А., Шпилова Е.А., Сумина Р.С., Магомедов Г.О., Хаустов И.А.	28
Модели технологических систем с гидродинамикой идеального вытеснения и смешивания в simulink	
Шишацкий Ю.И., Белозерцев А.С., Барбашин А.М., Никель С.А.	39
Термодинамика неизотермической диффузии при экстрагировании из люпина подсырной сывороткой	

Пищевая биотехнология

Тимакова Р.Т.	43
Формирование потребительской ценности творога пролонгированного срока годности при использовании муки из семян рапса	
Курчаева Е.Е., Востроиллов А.В.	50
Эффективность использования кормовой синбиотической добавки ПроСтор для получения ресурсов кролиководства	
Шенцова Е.С., Востроиллов А.В., Лыткина Л.И., Курчаева Е.Е.	57
Повышение физиологического статуса и качества мяса кроликов на фоне применения пробиотического комплекса «Споротермин» в составе комбикормов	
Кузнецова Е.А., Мордвинкин С.А., Зенина Е.А.	64
Оптимизация рецептурного состава пшеничного хлеба с применением переработанного растительного сырья	
Мелешкина Е.П., Жильцова Н.С., Коломиец С.Н., Бундина О.И.	70
Сравнение российской оценки хлебопекарных свойств пшеницы и определение качества зерна с использованием миксолаба	
Магомедов М.Г., Чусова А.Е., Полянский К.К., Пронина О.В., Романова О.Н.	81
Технология и аппаратное оформление распылительной сушки растворов стевии	
Клычкова М.В., Кичко Ю.С., Романко М.Д.	86
Новый продукт из мяса птицы	
Кондратенко В.В., Тришканева М.В., Левшенко М.Т., Позднякова Т.А., Колоколова А.Ю.	91
Исследование термоустойчивости аскоспор <i>Aspergillus (Neosartorya) fischeri</i> в зависимости от концентрации растворимых сухих веществ в яблочном соке	
Васильева Е.А., Елисеева Е.А., Макарова Н.В., Игнатова Д.Ф., Солина Ю.И.	99
Изучение органолептических и физико-химических показателей снеков на основе рябины черноплодной (<i>Aronia melanocarpa</i>)	
Искакова Г.К., Изтаев Б.А., Магомедов Г.О., Умирзакова Г.А.	111
Обоснование применения обогащающих добавок из растительного сырья в производстве макаронных изделий	
Занданова Т.Н., Гоголева П.А., Мырзянова Т.П., Иванова К.В.	118
Пробиотические свойства кисломолочных продуктов гетероферментативного брожения	
Кучменко Т.А., Босикова Ю.Н.	125
Применение системы искусственного обоняния для мониторинга состояния хлебобулочных изделий	
Семенова Ж.А., Илюхина Н.В., Колоколова А.Ю., Левшенко М.Т., Курбанова М.Н.	132
Исследование динамики ингибирования нативной микрофлоры овощной и грибной продукции под действием обработки релятивистскими электронами	
Кондратенко В.В., Пацюк Л.К., Кондратенко Т.Ю., Федосенко Т.В., Наринянц Т.В.	137
Влияние введения NaCl, сахарозы и пектина на восстановительные свойства овощных и фруктовых пюре	
Канина К.А., Красуля О.Н., Жижин Н.А., Семенова Е.С.	145
Изучение влияния воздействия высокочастотной акустической кавитации на качество молока-сырья и молочных продуктов на его основе	
Линовская Н.В., Мазукабзова Э.В., Руденко О.С.	151
Научно обоснованные критерии производства шоколадных полуфабрикатов с использованием фруктово-овощных порошков	
Макарова Н.В., Игнатова Д.Ф., Васильева Е.А., Солина Ю.И., Елисеева Е.А.	158
Разработка технологии производства снежков на основе ягод черной смородины (<i>Ribes nigrum</i>)	
Короткова А.М., Кван О.В., Вершинина И.А., Лебедев С.В.	168
Микробиологические аспекты влияния НЧ Fe на организм крыс Wistar	
Павленкова С.В., Шуваева Г.П., Мирошниченко Л.А., Свиридова Т.В., Корнеева О.С., Толкачева А.А.	174
Сравнительная оценка влияния амарантового и кукурузного силосов на продуктивность коров молочной породы	

Химическая технология

Балашова Е.А., Битюкова В.В., Хвостов А.А. Автоматизация распознавания химических веществ с помощью электронной сенсорной технологии на основе нейросетевой обработки данных	180
Борисова Н.В., Мавлютова Л.М. Меднение волокнистых материалов на основе полиакрилонитрила	187
Шелкунова М.В. Разработка материала-носителя биомассы из высоконаполненного микроцеллюлозой ПВД	192
Иванова А.А., Беренгартен М.Г., Булатов М.А. Моделирование процесса регенерации нефтезагрязненной кварцевой загрузки водными растворами природного ПАВ в виброожиженном слое	197
Куделин Д.В., Несиоловская Т.Н. Систематизация и морфологический анализ резиновых мембран	203
Иовлева Е.Л. Исследования качества дизельного топлива, предоставленного ООО «Ферронордик Торговый Дом»	208
Черепанов И.С. Термическое и ИК-Фурье-спектроскопическое исследование водорастворимых продуктов углеводов-аминных конденсаций в нейтральных средах	213
Бондарева Л.П., Перегудов Ю.С., Астапов А.В. Равновесия алифатических аминокислот на комплексообразующих ионитах в присутствии катионов меди (II) и никеля (II)	217
Жиркова В.С., Клейменова Н.Л., Дворянинова О.П., Назина Л.И., Ершов С.В. Создание автоматизированной системы измерения технологических параметров на линии производства резиновой смеси	225
Нифталиев С.И., Лыгина Л.В., Кузнецова И.В., Лопатина Е.А. Технология получения купрата бария-лантана	231
Новикова Л.Б., Кучменко Т.А. Аналитические возможности систем искусственного обоняния и вкуса. Часть 1. «Электронные носы»	236
Молчанов В.П., Юдаков А.А., Медков М.А. Исследование возможностей технологии комплексного извлечения полезных компонентов из прибрежно-морских россыпей Приморья с применением методов пиро-гидрометаллургии	242
Узун К.П., Чернышева Е.А., Курякова Т.А., Межуева Л.В. Применение дисульфидного масла для удаления парафинистых отложений на оборудовании установок стабилизации конденсата	249

Экономика и управление

Пахомова Ю.В., Кудрявцева Н.Н., Дуванова Ю.Н. Формирование инвестиционной модели экономического развития предприятия	255
Овчинникова Т.И., Давыденко И.А., Чекудаев К.В. Повышение доходов работников: инновационный подход на основе сочетания факторов производства и потребления	261
Платонова И.В., Горковенко Е.В. Оценка системы экономической безопасности организации	267
Устюгова И.Е., Тринеева Л.Т., Колесова Е.Ю. Концепция формирования и тенденции развития локального рынка пищевой промышленности в условиях активизации интеграционного взаимодействия его участников	276
Алиева А.К., Труевцева О.А. Качество и безопасность товаров в современных условиях	281
Казаков О.Д., Азаренко Н.Ю. Модель управления человеческим капиталом в системах принятия решений	290
Беляева Г.В., Нуждин Р.В., Пономарева Н.И., Саввина Е.А., Артёменко Т.Д. Информационно-инструментарное обеспечение процедур бизнес-анализа	299
Аслаева С.Ш. Поляризация и полярность основных показателей в Республике Башкортостан	306
Денисова Я.В., Александрова В.С. Использование процессного подхода для повышения эффективности системы управления качеством в машиностроительной компании ПАО «Кузнецов»	313
Хрусталева С.П., Шендрикова О.О., Кривякин К.С., Луценко М.С. Механизм поддержки принятия стратегического выбора приоритетов развития предприятия на основании использования методов аналитики многофакторного информационного массива	320
Беляева Г.В., Овчинникова Т.И., Колесникова Е.Ю., Коломыцева О.Ю. Обоснование целесообразности создания свободной экономической зоны на территории Краснодарского края	331
Абрамов В.И., Кудинов А.Н., Евдокимов Д.С. Применение социального моделирования с использованием агент-ориентированного подхода в приложении к научно-техническому развитию, реализации НИОКР и поддержанию инновационного потенциала	339
Соколинская Ю.М., Колесниченко Е.А., Чекудаев К.В. Значение малого предпринимательства в экономике и факторы, сдерживающие его развитие	360
Эдер А.В., Иванов О.В. Повышение эффективности работы предприятий пищевой промышленности как результат внедрения современных ИТ-решений	364
Лутченко В.Г., Хорев А.И., Хорев И.А., Григорьева В.В. Анализ факторов, влияющих на производительность труда	368
Серебрякова Н.А., Волкова С.А., Волкова Т.А. Методика интегральной оценки человеческого капитала региона	375

Contents

Processes and apparatuses of food engineering

Stepanov V.I., Ivanov V.V., Sharikov A.Yu., Amelyakina M.V., Polivanovskaya D.V. Cereal extrusion with steam recuperation process	17
Zheltoukhova E.Yu., Kravchenko A.N., Kondrashina E.D. Optimization of the production process of solid household soap	23
Khvostov A.A., Zhuravlev A.A., Shipilova E.A., Sumina R.S., Magomedov G.O., Khaustov I.A. Simulink models of technological systems with perfect mixing and plug-flow hydrodynamics	28
Shishackij Y.I., Belozercev A.S., Barbashin A.M., Nikel S.A. Thermodynamics of non-isothermal diffusion at the extraction from cheese whey by Lupin	39

Food biotechnology

Timakova R.T. Formation of consumer value of cottage cheese prolonged shelf life when using flour from milk Thistle seeds spotted	43
Kurchaeva E.E., Vostroilov A.V. The efficiency of use of feed synbiotic supplement the open Prostor resources of the rabbit	50
Shentsova E.S., Vostroilov A.V., Lytkina L.I., Kurchaeva E.E. Improving physiological status and meat quality of rabbits by the application of probiotic complex “Sporotermin” in compound feeds	57
Kuznetsova E.A., Mordvinkin S.A., Zenina E.A. Optimization of the recipe ingredients wheat bread with recycled plant material	64
Meleshkina E.P., Zhiltsova N.S., Kolomiets S.N., Bundina O.I. Comparison of Russian assessment of bakery properties of wheat and determination of grain quality using mixolab	70
Magomedov M.G., Chusova A.E., Polyansky K.K., Pronina O.V., Romanova O.N. Technology and instrumentation stevia solutions of spray drying	81
Klychkova M.V., Kichko Yu.S., Romanko M.D. New poultry meat product	86
Kondratenko V.V., Trishkanova M.V., Levshenko M.T., Pozdnyakova T.A., Kolokolova A.Yu. Study of thermal stability of ascospores <i>Aspergillus (Neosartorya) fischeri</i> depending on the concentration of soluble solids in apple juice	91
Vasilieva E.A., Eliseeva E.A., Makarova N.V., Ignatova D.F., Solina Yu.I. Study of organoleptic and physico-chemical parameters of snacks based on mountain ash (<i>Aronia melnocarpa</i>)	99
Iskakova G.K., Iztaev B.A., Magomedov G.O., Umirzakova G.A. Rationale for the use of enriching additives from vegetable raw materials in the production of pasta	111
Zandanova T.N., Gogoleva P.A., Myryanova T.P., Ivanova K.V. Probiotic properties of heterofermented milk products	118
Kuchmenko T.A., Bosikova Ju.N. Application of artificial smell systems for bakery products state monitoring	125
Semenova Z.A., Ilyuhina N.V., Kolokolova A.Yu., Levshenko M.T., Kurbanova M.N. Study of the dynamics of inhibition of native microflora of vegetable and mushroom products under the action of processing by relativistic electrons	132
Kondratenko V.V., Patsuk L.K., Kondratenko T.Yu., Fedosenko T.V., Nariniyants T.V. Effect of NaCl, sucrose and pectin addition on the reductive properties of vegetable and fruit puree	137
Kanina K.A., Krasulya O.N., Zhizhin N.A., Semenova E.S. Study of the effect of high-frequency acoustic cavitation on the quality of raw milk and dairy products based on it	145
Linovskaya N.V., Mazukabzova E.V., Rudenko O.S. Scientifically based production criteria for chocolate semi-finished products using fruit and vegetable powders	151
Makarova N.V., Ignatova D.F., Vasilieva E.A., Solina Yu.I., Eliseeva E.A. Development of a technology for the production of snacks based on blackcurrant berries (<i>Ribes nigrum</i>)	158
Korotkova A.M., Kvan O.V., Vershinina I.A., Lebedev S.V. Microbiological aspects of the effect of Fe NPs on Wistar rats	168
Pavlenkova S.V., Shuvaeva G.P., Miroshnichenko L.A., Sviridova T.V., Korneeva O.S., Tolkacheva A.A. Comparative characteristics of amaranth and corn silage qualitative indicators	174

Chemical technology

Balashova E.A., Bityukova V.V., Khvostov A.A. Automation of recognition of chemicals using electronic sensor technology based on neural network data processing	180
Borisova N.V., Mavlyutova L.M. Coppering of fibrous materials based on polyacrylonitrile	187
Shelkunova M.V. Development of biomass carrier from high-filled with microcellulose LDPE	192
Ivanova A.A., Berengarten M.G., Bulatov M.A. Modeling of regeneration process of oil contaminated quartz sand with water solution of natural surfactant in vibratory fluidized bed	197
Kudelin D.V., Nesiolovskaya T.N. Systematization and morphological analysis of rubber membranes	203
Iovleva E.L. Research on the quality of diesel fuel provided by LLC Ferronordic Trading House	208
Cherepanov I.S. Thermal and IR-Fourier transform spectroscopic study of water-soluble carbohydrate-arylamine condensation products in neutral media	213
Bondareva L.P., Peregudov Yu.S., Astapov A.V. Equilibrium of aliphatic amino acids on ion exchangers forming complexes in the presence of copper (II) and nickel (II) cations	217
Zhirikova V.S., Kleymenova N.L., Dvoryaninova O.P., Nazina L.I., Ershov S.V. Creation of an automated system for measuring technological parameters in the rubber production line	225
Niftaliyev S.I., Lygina L.V., Kuznetsova I.V., Lopatina E.A. Technology of production of barium-lanthanum cuprate	231
Novikova L.B., Kuchmenko T.A. The analytical capabilities of the systems of artificial sense of smell and taste. Part 1. "Electronic nose"	236
Molchanov V.P., Yudakov A.A., Medkov M.A. Study of the possibilities of technology of complex extraction of useful components from coastal-sea placers of Primorye with application of methods of pyro-hydrometallurgy	242
Uzun K.P., Chernysheva E.A., Kuryakova T.A., Mezhueva L.V. Application of disulfide oil for removal of paraffin deposits on the equipment of condensate stabilization units	249

Economics and management

Pakhomova Yu.V., Kudryavtseva N.N., Duvanov Yu.N. Formation of the investment model of economic development of the enterprise	255
Ovchinnikova T.I., Davydenko I.A., Chekudaev K.V. Increasing employee income: an innovative approach based on a combination of factors of production and consumption	261
Platonova I.V., Gorkovenko E.V. Assessment of the organization's economic security system	267
Ustyugova I.E., Trineeva L.T., Kolesova E.Yu. The concept of formation and development trends of the local food industry market in the context of intensifying the integration interaction of its participants	276
Alieva A.K., Truevseva O.A. Quality and safety of goods in modern conditions	281
Kazakov O.D., Azarenko N.Yu. The Model of Human Capital Management in Decision Support Systems	290
Belyeva G.V., Nuzhdin R.V., Ponomareva N.I., Savvina E.A., Artemenko T.D. Information and tool support of business analysis procedures	299
Aslaeva S.Sh. Polarization and polarity of the main indicators in the Republic of Bashkortostan	306
Denisova Ya.V., Alexandrova V.S. Use of the process approach to improve the efficiency of the quality management system at the machine-building enterprise of Kuznetov PJSC	313
Krustaleva S.P., Shendrikova O.O., Krivyakin K.S., Lutsenko M.S. Mechanism of support of acceptance of a strategic choice of priorities of development of the enterprise based on the use of methods of analytics of multifactor information array	320
Belyaeva G.V., Ovchinnikova T.I., Kolesnikova E.Yu., Kolomytseva O.Yu. The rationale for creating a free economic zone in the Krasnodar Territory	331
Abramov V.I., Kudinov A.N., Evdokimov D.S. Application of social modeling using agent based approach in scientific and technical development, implementation of R&D and maintenance of innovative potential	339
Sokolinskaya Yu.M., Kolesnichenko E.A., Chekudaev K.V. The importance of small business in the economy and the factors constraining its development	360
Eder A.V., Ivanov O.V. Improving the efficiency of food industry enterprises as a result of the modern IT solutions implementation	364
Lutchenko V.G., Khorev A.I., Khorev I.A., Grigoryeva V.V. Analysis of factors affecting labor productivity	368
Serebryakova N.A., Volkova S.A., Volkova T.A. Human integral assessment methodology capital of the region	375

Процессы и аппараты пищевых производств

Processes and devices for food production

DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-3-17-22>

Оригинальная статья/Research article

УДК 664.696

Open Access

Available online at vestnik-vsuet.ru

Экструдирование зернового сырья с использованием процесса рекуперации пара

Владимир И. Степанов	¹	foodbiotech@yandex.ru	 0000-0002-3340-6395
Виктор В. Иванов	¹	ivanov.v.v@mail.ru	 0000-0002-6492-7070
Антон Ю. Шариков	¹	anton.sharikov@gmail.com	 0000-0001-9483-5209
Мария В. Амелякина	¹	masha.am@mail.ru	 0000-0002-5138-6746
Дарья В. Поливановская	¹	dashpol@mail.ru	 0000-0002-6078-9280

¹ ВНИИПБТ – филиал Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, ул. Самокатная, 4Б, г. Москва, 111033, Россия

Аннотация. Преимуществом экструзионного процесса переработки сельскохозяйственного сырья в продукты питания и корма перед традиционными технологиями является высокая удельная производительность, энергоэффективность и универсальность использования. Наличие большого количества факторов управления и влияния на качество сырья, таких, как режимные параметры и конструктивные элементы, делают экструзию сложновоспроизводимым процессом при масштабировании или переходе с одной установки на другую. Но этот аспект является причиной максимальной гибкости систем экструдирования и возможности постоянного их совершенствования. Одним из путей развития экструзионной технологии является совершенствование техники и конструктивных решений в области энергосбережения. Проведены исследования процесса термопластической экструзии помола пшеницы с использованием рекуперации теплоты пара, генерируемого специальной конфигурацией элементов шнеков и его дегазации с подачей в перерабатываемый материал. Для решения поставленной цели использовался модернизированный экструдер Werner & Phleiderer Continua 37, дополненный разработанным рекуперативным узлом и паропроводом. Проведена оценка изменения энергопотребления при рекуперации пара. Исследованы и определены физико-химические свойства опытных и контрольных образцов экструдатов зерна пшеницы, получаемых при различных режимах работы. Установлено, что режим рекуперации пара является статистически значимой причиной повышения влажности экструдированного продукта с 3,8 до 5,0 насыпной плотности – на 15% относительно режима без рекуперации. Отмечено снижение коэффициента взрыва и влагоудерживающей способности экструдатов при работе в рекуперативном режиме экструдирования. Представленный способ с дополнительным тепловым воздействием на перерабатываемое сырье позволяет расширить технологические возможности осуществления процесса термопластической экструзии при получении продукции различного функционального и технологического назначения.

Ключевые слова: экструзия, сельскохозяйственное сырье, рекуперация пара, удельный расход электроэнергии, технологические свойства

Cereal extrusion with steam recuperation process

Vladimir I. Stepanov	¹	foodbiotech@yandex.ru	 0000-0002-3340-6395
Victor V. Ivanov	¹	ivanov.v.v@mail.ru	 0000-0002-6492-7070
Anton Yu. Sharikov	¹	anton.sharikov@gmail.com	 0000-0001-9483-5209
Maria V. Amelyakina	¹	masha.am@mail.ru	 0000-0002-5138-6746
Daria V. Polivanovskaya	¹	dashpol@mail.ru	 0000-0002-6078-9280

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

Abstract. The extrusion process advantage of agricultural raw materials processing into food and feed over traditional technologies is the high specific productivity, energy efficiency and versatility of use. The presence of a large number of control factors and influence on the raw materials quality, such as operating parameters and structural elements, make extrusion a difficult reproducible process when scaling or moving from one installation to another. But this aspect is the reason for the maximum flexibility of extrusion systems and the possibility of their continuous improvement. One of the ways for the extrusion technology development is the improvement of equipment and design solutions in the field of energy saving. Investigations of the thermoplastic extrusion process of wheat grinding with the application of the recovery of steam heat generated by a special configuration of screw elements and its degassing with the feeding into the processed material were carried out in the work. The modernized extruder Werner & Phleiderer Continua 37, supplemented by a developed recuperative unit and a steam line, was used to achieve this goal. An assessment of changes in energy consumption during steam recovery was carried out. The physicochemical properties of the experimental and control samples of wheat grain extrudates obtained under various operating conditions were investigated and determined. It was found out that the steam recovery mode is a statistically significant reason for increasing the humidity of the extruded product from 3.8 to 5.0 bulk density - by 15% relative to the mode without recovery. A decrease in the explosion coefficient and the water-holding capacity of the extrudates during operation in the regenerative mode of extrusion was noticed. The presented method with additional thermal effects on the processed raw materials allows us to expand the technological capabilities of the process of thermoplastic extrusion in obtaining products of various functional and technological purposes.

Keywords: extrusion, agricultural raw materials, steam recuperation, specific energy consumption, technological properties

Для цитирования

Степанов В.И., Иванов В.В., Шариков А.Ю., Амелякина М.В., Поливановская Д.В. Экструдирование зернового сырья с использованием процесса рекуперации пара // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 17–22. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-17-22

For citation

Stepanov V.I., Ivanov V.V., Sharikov A.Yu., Amelyakina M.V., Polivanovskaya D.V. Cereal extrusion with steam recuperation process. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 17–22. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-17-22

Введение

Экструзия различных видов и смесей сельскохозяйственного сырья при получении пищевых и кормовых продуктов является весьма энергоемким процессом. Удельное энергопотребление в зависимости от рецептурного состава и режимов экструзии находится в пределах от 0,12 до 0,18 кВт×ч/кг, а в отдельных случаях до 3 кВт×ч/кг продукции [1–3]. Диссипация механической энергии в тепловую осуществляется благодаря деформаций сдвига, сжатия перерабатываемого материала и силам трения его о поверхности рабочих органов экструдера и, прежде всего, вращающихся шнеков, обеспечивающих глубокую трансформацию перерабатываемого материала за счет механического и теплового воздействия. Тепловая энергия сообщается перерабатываемому материалу также от прямого впрыска пара или воды во время обработки, в том числе в процессе предкондиционирования [3]. Вместе эти два источника энергии способствуют глубокой физико-химической трансформации сельскохозяйственного сырья. При этом важным фактором экструзионной переработки является влажность материала, существенно влияющая на режимные параметры, в том числе удельные энергозатраты и качество получаемой продукции.

Технические инновации в конструкции экструдеров являются одним из направлений совершенствования экструзионной технологии пищевых продуктов и кормов [4]. Разработан шнек энергосберегающего пресс-экструдера, витки которого совместно с зеером образуют канал, имеющий форму сегментной части цилиндра с переменной высотой сегмента по длине канала, что исключает ударную нагрузку и обеспечивает уменьшение затрат энергии на 13–15% [5]. Предложена технологическая схема зоны подачи пресс-экструдера, которая за счет увеличения осевого давления и улучшения прохода материала в зону сжатия позволяет снизить энергоемкость экструдирования с 66 до 55 кВт×ч/т при производстве кормов [6].

В термопластической экструзии повышение температуры в камере экструдера в большей степени зависит от механической энергии, передаваемой материалу через вращающиеся шнеки. Рост температуры процесса переработки сырья или повышение степени конверсии сырья также может обеспечиваться за счет дополнительного электронагрева [1], предкондиционированием или прямым впрыскиванием пара в сырье [7]. Увеличение удельной тепловой энергии путем прямого впрыска пара в предкондиционере

снижает удельную механическую энергию, необходимую для желатинизации крахмала и формирования и структурирования гранул экструдата. Более высокая удельная тепловая энергия приводит к увеличению общей удельной энергии, повышению степени желатинизации крахмала, коэффициента расширения гранул и переваримости продукта *in vitro* [8].

Подача пара в экструдер способствует процессу экструзионной варки. Использование такого дополнительного источника тепловой энергии приводит к увеличению производительности, большей устойчивости к высоким уровням содержания жира в составах и снижению требований к большим приводным двигателям [9, 10].

Оба источника энергии, электрической и тепловой, в процессе экструзии в некоторой степени взаимозаменяемы. При меньших энергозатратах на генерацию одного киловатта в виде пара экономически выгодно максимально использовать его энергию.

Разработаны конструкции экструзионных машин и способы получения продуктов питания и кормов для животных с низким удельным расходом механической энергии по сравнению с обычными системами. Новая технология предусматривает введение очень высоких уровней пара в камеру экструдера во время обработки, что одновременно уменьшает затраты удельной механической энергии, необходимые для достижения желаемого уровня варки продукта. Корма для домашних животных могут быть изготовлены с затратами удельной механической энергии до 18 кВт×ч/т, корма для аквакультуры – до 16 кВт/т [11].

Кроме того, другим способом экономии при сохранении качества продукта и перераспределении затрат электрической и тепловой энергии при экструдировании является использование систем рекуперации пара.

Цель исследования – изучение возможности разработки энергосберегающей технологии экструзии с рационализацией теплообменных процессов на основе частичной рекуперации и возврата пара в камеру экструдера.

Материалы и методы

В процессе исследования в качестве модельного сырья использовали помол пшеницы со 100% проходом через сито 1 мм и влажностью 10,9%. Экструдер Werner&Phleiderer Continua 37 был дополнен рекуперативным узлом (рисунок 1). Матрица экструдера была оборудована фильерой с двумя отверстиями 1,2 x 12 мм, производительность изменяли

в диапазоне 28 кг/ч. Разогрев камеры экструдера происходил до 80 °С для 2- и 3-й зон нагрева, и до 170 °С – для средней и предматричной зон. Давление отбираемого пара составляло 0,2–0,3 МПа. Для самогенерации пара были использованы реверсивные элементы шнеков, расположенные перед технологическим отверстием в камере экструдера, где размещена

установка по отбору пара. Скорость вращения шнеков была постоянной и составляла 240 мин⁻¹. Рекуперативный процесс, возврат пара для обогрева сырья, при экструдировании осуществлялся при открытом регулирующем вентиле 9. При закрытом вентиле экструдирование осуществлялось в штатном режиме без рекуперации тепла пара.

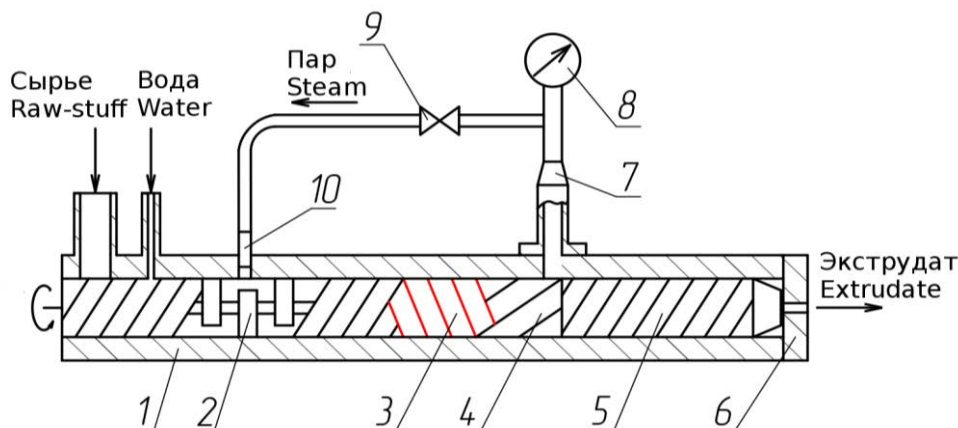


Рисунок 1. Конструктивно-технологическая схема экструзионного процесса с рекуперацией теплоты пара: 1 – экструзионная камера; 2 – смесительные элементы; 3 – реверсивные элементы; 4 – транспортирующие элементы с увеличенным шагом; 5 – транспортирующие элементы; 6 – матрица; 7 – расширительная камера; 8 – манометр; 9 – вентиль; 10 – форсунка

Figure 1. Structural-technological scheme of the extrusion process with steam heat recovery: 1 – extrusion barrel; 2 – mixing screw elements; 3 – reverse screw elements; 4 – transporting screw elements with increased pitch; 5 – transporting screw elements; 6 – extrusion die; 7 – expansion chamber; 8 – manometer; 9 – valve; 10 – injector

Анализ влажности проводили с использованием влагомера ML-50 (A&D, Япония). Экструдаты оценивали по коэффициенту взрыва, насыпной плотности, растворимости и влагоудерживающей способности после растворения в избыточном количестве воды [12]. Коэффициент взрыва определяли по соотношению площадей поперечного сечения образцов экструдата и отверстия фильеры. Насыпную плотность оценивали для измельченных образцов со 100% проходом через сито 1 мм для нивелирования факторов формы и размера гранул.

Удельный расход электроэнергии SME рассчитывали в соответствии с выражением [13]:

$$SME = \frac{n \times W \times M}{n_{\max} \times Q \times 100},$$

где n – скорость вращения шнеков, мин⁻¹; $n_{\max}$ – максимальная установленная для экструдера скорость вращения шнеков, мин⁻¹; W – мощность электропривода экструдера, кВт; M – нагрузка на привод, %; Q – производительность экструдера, кг/ч.

Исследования проведены в трех повторностях. Результаты представлены в виде средних значений ± среднееквадратичное отклонение.

Достоверность различий средних проводили методом дисперсионного анализа с применением апостериорного анализа по критерию Тьюки при $p < 0,05$ с использованием пакета программ Statistica 6.0.

Результаты и обсуждение

В процессе термопластического экструдирования температура перерабатываемой массы сырья устанавливается в зоне реверсивных элементов шнеков. В этой зоне возникают максимальные термомеханические воздействия на перерабатываемое сырье. Здесь же образуется перегретая вода при высоких температурах и давлении. За счет перемещения влагосодержащей массы шнеками в зону транспортирующих элементов с увеличенным шагом, где их свободный объем больше свободного объема зоны реверсивных элементов, происходила мгновенная декомпрессия, вскипание влаги при давлении 0,2–0,4 Мпа. Генерируемый пар через расширительную камеру по паропроводу возвращался в начальную зону экструзионной камеры со смесительными элементами шнеков. Рекуперативный пар, поступающий в начальную зону камеры, должен обеспечивать предварительную термическую обработку сырья.

Влияние подачи воды на расход электроэнергии на экструдирование при постоянной производительности представлено на рисунке 2. Установлено, что при экструдировании с рекуперацией теплоты пара нагрузка и удельные затраты электроэнергии сокращаются на 10–17% по сравнению со штатными режимами при различных значениях влагосодержания перерабатываемого помола пшеницы. При снижении влагосодержания сырья нагрузка на процесс экструзии возрастает как без, так и с рекуперацией теплоты пара.

В таблице 1 приведены данные по изменению свойств экструдатов в зависимости от режимов экструдирования. Анализ полученных данных показывает, что для большинства технологических параметров экструдатов рекуперация пара является значимым показателем их изменения за исключением показателя растворимости. Влажность экструдатов с минимальной подачей воды без рекуперации составила 3,8%, с рекуперацией – 5,0%. Увеличение общего влагосодержания в камере экструдера повышает влажность экструдатов для обоих режимов, для рекуперативного – 7,1%, без рекуперации – 5,3%. Снижение коэффициента взрыва и увеличение

насыпной плотности с увеличением подачи влаги в камеру экструдера соответствуют принятым представлениям об экструзионных процессах крахмалсодержащего сырья. С рекуперацией пара коэффициент взрыва снижается на 10–12% относительно режимов без рекуперации. Отмечено увеличение насыпной плотности с рекуперацией пара на 15%.

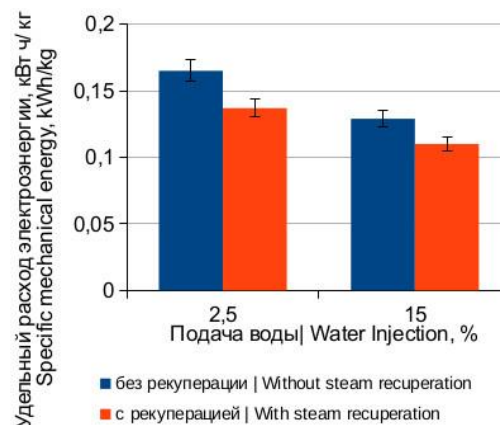


Рисунок 2. Влияние подачи воды на расход электроэнергии при экструдировании с рекуперацией пара

Figure 2. Influence of water injection on specific mechanical energy of extrusion with steam recuperation

Таблица 1.
Влияние режимов экструдирования и подачи воды на технологические свойства экструдатов
Table 1.

Influence of extrusion regimes and water injection on extrudates properties

Влажность экструдатов Extrudates moisture, %				
Режимы экструдирования Extrusion regimes	Подача воды Water injection %			
	2,5 ^B	5 ^{BC}	8 ^C	15 ^D
Без рекуперации Without recuperation ^a	3,8 ± 0,17	–	–	5,3 ± 0,17
С рекуперацией With recuperation ^b	5,0 ± 0,3	5,2 ± 0,1	5,5 ± 0,1	7,1 ± 0,26
Насыпная плотность, кг/м³ Bulk density, kg/m³				
Режимы экструдирования Extrusion regimes	Подача воды Water injection %			
	2,5 ^B	5 ^{BC}	8 ^{CD}	15 ^D
Без рекуперации Without recuperation ^a	540 ± 7,8	–	–	700 ± 5
С рекуперацией With recuperation ^b	640 ± 20	615 ± 7	660 ± 8,7	710 ± 4,4
Коэффициент взрыва Expansion index				
Режимы экструдирования Extrusion regimes	Подача воды Water injection %			
	2,5 ^B	5 ^B	8 ^C	15 ^D
Без рекуперации Without recuperation ^a	7,3 ± 0,3	–	–	6,0 ± 0,2 ^C
С рекуперацией With recuperation ^b	6,6 ± 0,1	6,5 ± 0,3	5,8 ± 0,1	5,3 ± 0,17
Растворимость Solubility, %				
Режимы экструдирования Extrusion regimes	Подача воды Water injection %			
	2,5 ^A	5 ^B	8 ^B	15 ^B
Без рекуперации Without recuperation ^a	35 ± 1	–	–	31 ± 1,7
С рекуперацией With recuperation ^a	34 ± 1,7	31 ± 1	29 ± 0,9	28 ± 2
Влагодерживающая способность, г/г Water holding capacity, g/g				
Режимы экструдирования Extrusion regimes	Подача воды Water injection %			
	2,5 ^B	5 ^B	8 ^C	15 ^D
Без рекуперации Without recuperation ^a	8,2 ± 0,17	–	–	3,7 ± 0,1
С рекуперацией With recuperation ^b	7,9 ± 0,09	8,5 ± 0,17	7,8 ± 0,2	4,0 ± 0,095

*Влияние уровней варьирования управляющих факторов на каждый технологический параметр, обозначенных буквенными индексами, достоверно различимо при $p < 0,05$

*The influence of the levels of variation of control factors on each technological parameter, indicated by different alphabetic indices, is reliably distinguishable at $p < 0.05$

Заключение

Исследованный способ рекуперации теплоты в процессе экструзии обеспечивается возвратом и подачей генерируемого пара реверсивными элементами шнеков в начальную зону экструзионной камеры для предварительной термической обработки, что в условиях экспериментальной установки позволило снизить энергозатраты на проведение процесса экструзии на 14–17%. По-видимому, дополнительная предобработка возвратным паром сырья обеспечивает уже в начальных зонах камеры экструдера снижение механических затрат на последующую обработку, прежде всего, в реверсивных элементах. Установлено, что варочные процессы, протекающие при экструзии в опытных вариантах, характеризуемые по основным свойствам – коэффициент «взрыва» и растворимость, возрастают, а влажность получаемого продукта снижается при уменьшении влагосодержания перерабатываемого сырья.

В процессе термопластического экструдирования в лабораторных условиях использование способа рекуперации теплоты пара в начальной зоне шнековой камеры экструдера позволило снизить энергозатраты на выработку продукции за счет предварительной термообработки вторичным паром исходного сырья.

Представленный способ с дополнительным тепловым воздействием на перерабатываемое сырье позволяет расширить технологические возможности регулирования экструзионного процесса получения продукции различного функционально-технологического назначения. Тенденции изменения свойств сырья при фиксированной подаче воды при работе в рекуперативном режиме соответствуют аналогичным тенденциям при увеличении влагосодержания в камере экструдера: увеличивается насыпная плотность, влажность экструдатов, снижается коэффициент взрыва и влагоудерживающая способность.

Литература

- 1 Остриков А.Н., Магомедов Г.О., Дерканосова Н.М., Василенко В.Н. и др. Технология экструзионных продуктов. СПб: Проспект науки, 2007. 202 с.
- 2 Шариков А.Ю., Римарева Л.В., Степанов В.И., Иванов В.В. и др. Влияние режимов экструзионной обработки зернового сырья на эффективность биотехнологических процессов в перерабатывающих отраслях АПК // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. № 5. С. 18–21.
- 3 Riaz M.N. Introduction to extruders and their principles. In: Extruders in food applications. Boca Raton, FL: CRC Press, 2000. P. 1–23.
- 4 Воронина П.К. Практические перспективы термопластической экструзии крахмалосодержащего зернового сырья в формирование качества продовольственных товаров // Инновационная техника и технология. 2015. № 3. С. 5–9.
- 5 Дидык Т.А. Снижение энергоемкости пресс-экструдеров // Вавиловские чтения – 2004: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2004. С. 49–52.
- 6 Новиков В.В., Харибына Н.А. Обоснование конструктивных параметров рабочих органов питателя экструдера // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 3. С. 113–118.
- 7 Sørensen M., Nguyen., Storebakken, T., Øverland M. Starch source, screw configuration and injection of steam into the barrel affect the physical quality of extruded fish feed // Aquaculture Research. 2010. V. 41. № 3. P. 419–432. doi: 10.1111/j. 1365–2109.2009.02346.x
- 8 Pacheco P.D.G., Putarov T.C., Baller M.A., Peres F.M. et al. Thermal energy application on extrusion and nutritional characteristics of dog foods // Animal Feed Science and Technology. 2018. doi: 10.1016/j.anifeeds.2018.07.003
- 9 Roke, G.J., Plattner B., Souza E.M. de. Feed extrusion process description // Revista Brasileira de Zootecnia. 2010. V. 39. P. 510–518. doi:10.1590/S1516–35982010001300055
- 10 Levine L. Using Injection in Extrusion: The Thermal Value // Cereal Foods World. 2006. V. 51 (6). P. 355. doi: 10.1094/CFW-51-0355
- 11 Pat. № 07521076, US, A23P I/2. Method and apparatus for producing fully cooked extrudates with significantly reduced specific mechanical energy inputs / Wenger M., Wenger L., Rokey G.J., Spellmeier A.C. № 12/263,825; Appl. 3.11.2008; Publ. 21.04.2009.
- 12 Canjyal G., Hanna M.A., Supprung P., Noomhorm A. et al. Modeling selected properties of extruded rice flour and rice starch by neural networks and statistics // Cereal Chemistry. 2006. V. 83. № 3. P. 223–227.
- 13 Potter R., Stojceska V., Plunkett A. The use of fruit powders in extruded snacks suitable for Children's diets // Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie. 2013. V. 51. P. 537–544. doi:10.1016/j.lwt.2012.11.015

References

- 1 Ostrikov A.N., Magomedov G.O., Derkanosova N.M., Vasilenko V.N. et al. Technology of extruded products. Saint-Petersburg, Prospekt nauki, 2007. 202 p. (in Russian).
- 2 Sharikov A.Yu., Rimareva L.V., Stepanov V.I., Ivanov V.V. et al. Influence of cereal extrusion variables on efficiency of biotechnological processes for agroculture processing industries. Storage and Processing of Farm Products. 2012. no. 5. pp. 18–21. (in Russian).
- 3 Riaz M.N. Introduction to extruders and their principles. In: Extruders in food applications. Boca Raton, FL: CRC Press, 2000. pp. 1–23.
- 4 Voronina P.K. Practical perspectives for thermoplastic extrusion starchcontaining grain feedstock in shaping the quality of food products. Innovative machinery & technology. 2015. no. 3. pp. 5–9. (in Russian).

- 5 Didyk T.A. Reducing the energy intensity of press extruders. Vavilov Readings – 2004: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Saratov, Federal State Educational Institution of Higher Professional Education “Saratov State Agrarian University”. 2004. pp. 49–52. (in Russian).
- 6 Novikov V.V., Kharybina N.A. Justification of the design parameters of the working bodies of the extruder feeder. Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2011. no. 3. pp. 113–118. (in Russian).
- 7 Sørensen M., Nguyen., Storebakken, T., Øverland M Starch source, screw configuration and injection of steam into the barrel affect the physical quality of extruded fish feed. Aquaculture Research. 2010. vol. 41. no. 3. pp. 419–432. doi: 10.1111/j. 1365–2109.2009.02346.x
- 8 Pacheco P.D.G., Putarov T.C., Baller M.A., Peres F.M. et al. Thermal energy application on extrusion and nutritional characteristics of dog foods. Animal Feed Science and Technology. 2018. doi: 10.1016/j.anifeeds.2018.07.003
- 9 Roke G.J., Plattner B., Souza E.M. de. Feed extrusion process description. Revista Brasileira de Zootecnia. 2010. vol. 39. pp. 510–518. doi:10.1590/S1516–35982010001300055
- 10 Levine L. Using Injection in Extrusion: The Thermal Value. Cereal Foods World. 2006. vol. 51 (6). pp. 355. doi: 10.1094/CFW 51–0355
- 11 Wenger M., Wenger L., Rokey G.J., Spellmeier A.C. Method and apparatus for producing fully cooked extrudates with significantly reduced specific mechanical energy inputs. Patent US, no. 07521076, 2009.
- 12 Canjyal G., Hanna M.A., Supprung P., Noomhorm A. et al. Modeling selected properties of extruded rice flour and rice starch by neural networks and statistics. Cereal Chemistry. 2006. vol. 83. no. 3. pp. 223–227.
- 13 Potter R., Stojceska V., Plunkett A. The use of fruit powders in extruded snacks suitable for Children's diets. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie. 2013. vol. 51. pp. 537–544. doi:10.1016/j.lwt.2012.11.015

Сведения об авторах

Владимир И. Степанов к.т.н., зав. отделом, отдел оборудования и новых процессов пищевой биотехнологии, ВНИИПБТ – филиал Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, ул. Самокатная, 4Б, г. Москва, 111033, Россия, foodbiotech@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-3340-6395>

Виктор В. Иванов к.т.н., вед. науч. сотрудник, отдел оборудования и новых процессов пищевой биотехнологии, ВНИИПБТ – филиал Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, ул. Самокатная, 4Б, г. Москва, 111033, Россия, ivanov.v.v@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-6492-7070>

Антон Ю. Шариков к.т.н., ст. науч. сотрудник, отдел оборудования и новых процессов пищевой биотехнологии, ВНИИПБТ – филиал Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, ул. Самокатная, 4Б, г. Москва, 111033, Россия, anton.sharikov@gmail.com
 <https://orcid.org/0000-0001-9483-5209>

Мария В. Амелякина к.т.н., науч. сотрудник, отдел оборудования и новых процессов пищевой биотехнологии, ВНИИПБТ – филиал Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, ул. Самокатная, 4Б, г. Москва, 111033, Россия, masha.am@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-5138-6746>

Дарья В. Поливановская мл. науч. сотрудник, отдел оборудования и новых процессов пищевой биотехнологии, ВНИИПБТ – филиал Федерального исследовательского центра питания, биотехнологии и безопасности пищи, ул. Самокатная, 4Б, г. Москва, 111033, Россия, dashpol@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-6078-9280>

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

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, foodbiotech@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-3340-6395>

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@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-6492-7070>

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
 <https://orcid.org/0000-0001-9483-5209>

Maria V. Amelyakina Cand. Sci. (Engin.), 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
 <https://orcid.org/0000-0002-5138-6746>

Daria 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
 <https://orcid.org/0000-0002-6078-9280>

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 11/07/2019	После редакции 27/07/2019	Принята в печать 06/08/2019
Received 11/07/2019	Accepted in revised 27/07/2019	Accepted 06/08/2019

Оптимизация процесса производства твердого хозяйственного мыла

Екатерина Ю. Желтоухова ¹	Katsturova@gmail.com	 0000-0002-7463-9013
Алёна Н. Кравченко ¹	Alena.k09@yandex.ru	 0000-0002-3236-1893
Елизавета Д. Кондрашина ¹	lizakondrasina@gmail.com	 0000-0002-8401-6151

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

Аннотация. В исследовании основной упор сделан на улучшение органолептических показателей (цвет, запах, структура), а также пенообразующую способность и длительность хранения, изменение которых позволит получить более качественный продукт. Был проведен органолептический и качественный анализ твердого хозяйственного мыла, благодаря которому выявлены основные потребительские недостатки продукции и проведена оптимизация линии и рецептуры производства для их устранения. Основой оптимизации является оснащение дополнительными емкостями с системой подачи перекиси и дозировки маскаторов, использование которых необходимо из-за введения новых компонентов рецептуры, также применяется дополнительная пара шнеков для предотвращения мраморовидной структуры продукта. В рецептуру были включены перекись водорода, использование которой позволяет осветлить продукт на стадии карбонатного омыления и получить на выходе мыло светло-бежевого цвета, соответствующее стандарту, и маскаторы для скрытия запаха жирных кислот, характерного для данного вида твердого мыла. Отбеливание пероксидом водорода основывается на окислении и потере цвета красящих темных веществ за счет выделения активного кислорода при нагревании перекиси с мылами. Основные параметры подачи перекиси: давление 0,6 МПа, концентрация в интервале от 2 до 5% к массе жировой смеси. Учитывая возможность резкого вспенивания и выброса мыльной массы в процессе, введение перекиси может прекращать или снижать количество добавления пероксида водорода, а при аварийных ситуациях предусмотрена подача холодной воды.

Ключевые слова: мыло, хозяйственное мыло, оптимизация линии

Optimization of the production process of solid household soap

Ekaterina Yu. Zheltoukhova ¹	Katsturova@gmail.com	 0000-0002-7463-9013
Alena N. Kravchenko ¹	Alena.k09@yandex.ru	 0000-0002-3236-1893
Elizaveta D. Kondrashina ¹	lizakondrasina@gmail.com	 0000-0002-8401-6151

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. In the study, the main emphasis is on improving organoleptic characteristics (color, smell, structure), as well as foaming ability and storage duration, the change of which will allow to obtain a better product. An organoleptic and qualitative analysis of solid laundry soap was carried out, due to which the main consumer shortcomings of the products were identified and the line and formulation of the production were optimized to eliminate them. The basis of the optimization is to equip additional containers with a peroxide supply and dosage masking system, the use of which is necessary due to the introduction of new formulation components, an additional pair of screws is also used to prevent the marble-like structure of the product. Hydrogen peroxide was included in the recipe, the use of which allows clarifying the product at the stage of carbonate saponification and obtaining a light beige soap in accordance with the standard, and maskirators to hide the smell of fatty acids characteristic of this type of solid soap. Hydrogen peroxide bleaching is based on the oxidation and color loss of coloring dark substances due to the release of active oxygen by heating the peroxide with soaps. The main parameters of the peroxide supply: pressure 0.6 MPa, concentration in the range from 2 to 5% by weight of the fat mixture. Given the possibility of abrupt foaming and ejection of soap in the process, the introduction of peroxide can stop or reduce the amount of hydrogen peroxide added, and in emergency situations a cold water supply is provided.

Keywords: soap, laundry soap, optimization of the line

Введение

Цель исследования – улучшение качества готового хозяйственного мыла благодаря введению дополнительного сырья в рецептуру и введению нового оборудования, а также сокращение энергозатрат производства.

На основе анализа потребительских предпочтений были выявлены недостатки готового продукта: темный цвет, специфический резкий

запах и мраморовидная структура. В связи с этим основные изменения проводятся в органолептических показателях готового мыла.

При органолептической оценке мыловаренных изделий прежде всего внимание уделяется внешнему виду продукта, его однородности, цвету и запаху. Обязательным является однородность, светлый цвет, без посторонних включений, соответствующий запах. Качество определяется

Для цитирования

Желтоухова Е.Ю., Кравченко А.Н., Кондрашина Е.Д. Оптимизация процесса производства твердого хозяйственного мыла // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 23–27. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-23-27

For citation

Zheltoukhova E. Yu., Kravchenko A. N., Kondrashina E. D. Optimization of the production process of solid household soap. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 23–27. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-23-27

растворимостью (для хозяйственного мыла при температуре 60–70 °С), моющей способностью и способностью к пенообразованию (объем и устойчивость пены).

Твердость мыла в известной мере характеризуется показателем, который называется титр, т. е. температура застывания смеси жирных кислот в градусах Цельсия. При прочих равных условиях твердость мыла тем больше, чем выше титр.

Существенным показателем качества мыла является его пенообразующая способность в водном растворе, т. е. высота столба пены, образующегося при встряхивании 0,5%-ного водного раствора мыла. Первоначальный объем пены в миллилитрах, ее устойчивость в минутах и характер пены (крупно – или мелкоячеистая) косвенно являются показателями качества мыла как моющего средства.

Материалы и методы

Жировая смесь готовится по рецептуре в смесительном котле, оснащенном барботерами, куда сырье подается, предварительно достигнув 105–125 °С, пройдя через трубчатый подогреватель. В котел поступает нагретый до 90 °С раствор кальцинированной соды. Происходит реакция омыления, которая завершается активным выделением диоксида углерода, полностью удаляемым при продувании насыщенным паром.

Масса переносится в доомылитель вместе с 42%-ным раствором щелочи и направляется в теплообменник для достижения температуры в 90–100 °С. Далее нагретая смесь поступает в нормализатор для корректировки, а полученный в результате клей подвергается процессу полного высаливания с утилизацией отстоявшегося подмыльного щелока. В готовое ядро добавляют раствор едкого натра до его концентрации по массе 0,2–0,3%. При неудовлетворительных результатах процесса высолки технология предусматривает процесс отбеливания ядра, введением водородной перекиси от 2 до 5% к массе жировой смеси. Процесс отбелики основывается на окислении и потере цвета красящих темных веществ за счет выделения активного кислорода при нагревании перекиси с мылами.

Для предотвращения резкого вспенивания и выброса мыльной массы в процессе введения перекиси может прекращаться или снижаться количество добавления пероксида водорода, а при аварийных ситуациях обеспечивается подача холодной воды.

Отбор проб осуществляется каждые полчаса для проведения контроля концентрации свободной щелочи и эффективности отбеливания.

По окончании процесса мыло кипятят, частично высаливая щелочью, и отстаивают. После 3–4 ч ядро откачивается насосом в котел, перемешивается с мылом из светлого сырья и направляется в накопитель.

Далее мыльная масса пропускается через фильтры в кожухотрубчатый теплообменник для нагревания глухим паром до 130–160 °С, а оттуда в и-образный трубчатый реактор для окончательного перемешивания полученной массы и подачи массы в вакуум-сушильную башню.

С помощью форсунок горячая мыльная основа распыляется в полость вакуум-сушильной камеры, где, обдуваясь воздухом, сушится, охлаждается, осажается и снимается со стенок камеры.

Мыльная стружка, попадая в шнек-пресс, дважды подвергается перетиранию, после чего спрессовывается в стружку и переносится закрытым транспортером в запасной бункер. Стружка из бункера делителем потока разделяется на два параллельных потока.

Шнек переносит мыльный полуфабрикат в воронку питателя смесительного пресса постоянного действия, где к нему присоединяется маскиратор для скрывания специфического запаха жирных кислот. Далее все компоненты тщательно смешиваются вторым шнеком, и полуфабрикатная масса, минуя решетку, обретает форму гранул, которые открытый желобчатый транспортер переносит в двухступенчатый двухвинтовой шнек-пресс для окончательной обработки мыла.

Из шнека мыло выходит бесконечным бруском и следует на автоматическую резку, на приемный транспортер камерной воздушной сушилки, а затем штампуются.

Предложенная схема оптимизации позволяет усовершенствовать существующую линию выработки за счет установки дополнительных дозаторов для сырья и шнек-прессов, введения в рецептуру пероксида водорода и маскираторов, что позволяет существенно улучшить качественные органолептические показатели готового продукта и усовершенствовать потребительские свойства не нарушая стандарты и требования безопасности.

В результате проведенных модернизаций органолептические показатели конечного продукта достигли характеристик, отвечающих нормам действующего стандарта (таблица 1), а также требованиям потребителей.

Для физико-химических показателей нормируются: качественное число, содержание свободной щелочи и соды, а также температура застывания жирных кислот.

Из таблицы 2 видно, что физико-химические показатели предусматривают содержание свободного гидроксида натрия в интервале от 0,15–0,20%, т. к. выход за нормативные пределы разрушает кожный покров при длительном

прямом контакте. Но присутствие небольшого количества свободной щелочи является обязательным для протекания процесса полного омыления жирового сырья и увеличения сроков хранения мыла.

Органолептическая характеристика мыла [3]

Таблица 1.

Table 1.

Organoleptic characteristics of soap [3]

Наименование Name	Характеристика Characteristic
Внешний вид Appearance	Поверхность без рисунка. Нет недопустимых трещин, полос и пятен Surface without a pattern. No unacceptable cracks, stripes or stains
Форма куска Piece shape	Соответствующая форме мыла индивидуального наименования, установленной в техническом документе Corresponding to the form of soap of an individual name established in the technical document
Цвет Color	Светло-бежевый, соответствующий цвету мыла, установленному в техническом документе Light beige, corresponding to the color of soap specified in the technical document
Запах Smell	Соответствующий запаху мыла индивидуального наименования, установленному в техническом документе, без постороннего запаха Corresponding to the smell of soap of an individual name, established in the technical document, without foreign smell
Консистенция Consistency	Твердая на ощупь. В разрезе однородная Hard to touch. The cross section is homogeneous

Сравнение физико-химических показателей мыла

Таблица 2.

Table 2.

Comparison of physico-chemical characteristics of soap

Показатель Indicator	Норма для мыла группы Norm for group soap					
	I	Образец Sample 72%	II	Образец Sample 70%	III	Образец Sample 65%
Качественное число (масса ЖК в пересчете на номинальную массу куска 100 г), г, не менее Qualitative number (mass of liquid crystal in recount to the nominal mass of a piece of 100 g), g, not less	70,5	73,3	69,0	70,9	64,0	68,2
Массовая доля свободной едкой щелочи, % к номинальной массе куска, не более Mass fraction of free caustic alkali, % of the nominal mass of a piece, not more	0,15	0,13	0,15	0,14	0,20	0,18
Массовая доля свободной углекислой соды, % к номинальной массе куска, не более Mass fraction of free carbonic soda, % of the nominal mass of a piece, no more	1,0	0,95	1,0	0,95	1,0	0,95
Температура застывания жирных кислот, выделенных из мыла (титр), °С The solidification temperature of fatty acids extracted from soap (titer), °C	36–42	40	35–42	40	35–42	40

Результаты и обсуждение

Значения таблицы 2 показывают, что жирнокислотный состав находится в пределах необходимой нормы, а пределы углекислых солей

в мыле до 1%, т. к. в противном случае незначительно увеличивается твердость. Содержание нерастворимых в воде примесей не превышает 0,3% в 72%-ном мыле и 0,5% – в 60%-ном.

Объем пены измеряется через 5 мин после встряхивания (рисунок 1). Результаты не превышают норм ГОСТ 30266–95.

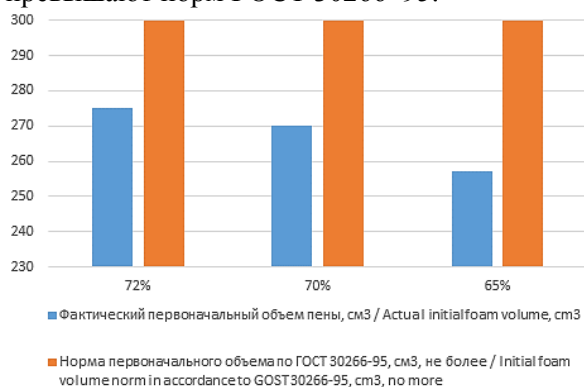


Рисунок 1. Определение пенообразующей способности
Figure 1. Determination of foaming ability

Принцип ускоренного старения для оценки стабильности и срока годности продукции позаимствован у фармацевтической промышленности. Методология тестирования основана на хранении образцов при повышенной температуре: согласно правилу Вант-Гоффа скорость увеличивается в 2–4 раза при повышении температуры на 10 °С, да и микроорганизмы с повышением температуры ведут себя активнее. Это позволяет быстрее выявить проблемы, которые могут возникнуть при хранении хозяйственного мыла в обычных условиях. Кроме того, тест на ускоренное старение применяется и для прогнозирования срока годности. Например, считается, что эмульсия, стабильная при 40 °С в течение 6 мес. либо 3 мес. при 45 °С, может храниться 2 года в стандартных условиях.

Ускоренное старение проводилось при различных температурах – 37, 40 или 45 °С. Через определенные промежутки времени образцы проверяли по определенным показателям и сравнивали с показателями в начале теста и с данными для образцов контрольной группы. Образцы контрольной группы хранят при 4 °С (± 2 °С):

при такой температуре физико-химические и микробиологические процессы хоть и не прекращаются совсем, но протекают достаточно медленно (рисунок 2).

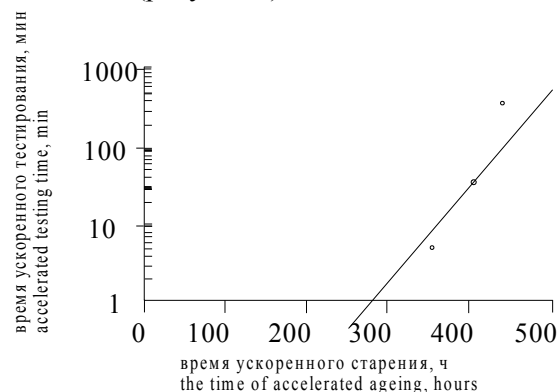


Рисунок 2. Зависимость ускоренного старения от времени
Figure 2. Dependence of accelerated aging on time

При проведении данного анализа выявили, что длительность хранения контрольных образцов совпадает с длительностью хранения образцов в самом продолжительном тесте при стабильной температуре хранения.

Закключение

Удалось усовершенствовать настоящую линию производства хозяйственного мыла, т. к. проведенный анализ готового продукта на соответствие качественным характеристикам показал улучшение органолептических показателей и соответствие стандарту физико-химических. Предложенная технология и аппаратное оформление производства мыла позволяют вырабатывать высококачественный продукт; снизить количество глицерина в мыльной основе и увеличить его содержание в подмыльном щелоке. Такое оптимизационное решение позволяет снизить потребление пара, сократить цикл производства в цепочке до 7 ч и ограничить объемы получаемых soapstocks, что позволит усилить экологическую безопасность.

Литература

1. Товбин И.М., Залипо М.Н., Журавлева А.М. Производство мыла. М.: Книга по Требованию, 2014. 103 с.
2. Касаткин Ф.С. Производство мыла. Пищепромиздат, 1936.
3. Дроникова Т.В., Носовицкая Ф.П. Твердое мыло // Сборник материалов конференции ВНИИЖ. Санкт-Петербург, 2015.
4. Handojo L.A., Indarto A., Shofinita D., Meitha A. et al. Calcium soap from palm fatty acid distillate for ruminant feed: Ca (OH) 2 as calcium source // MATEC Web of Conferences. EDP Sciences, 2018. V. 159. P. 02062.
5. Кравченко А.Н., Желтоухова Е.Ю., Кондрашина Е.Д. Анализ основного сырья для производства твердого хозяйственного мыла // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: VIII Международная научно-техническая конференция, посвященная 90-летию технологического факультета ВГУИТ. Воронеж, 2019. С. 561 – 563.
6. Кравченко А.Н., Желтоухова Е.Ю., Кондрашина Е.Д. Основные методы и технологические схемы производства мыловаренной продукции // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: VIII Международная научно-техническая конференция, посвященная 90-летию технологического факультета ВГУИТ. Воронеж, 2019. С. 563–569.

7. Ordoyo A.E.T., Sepe M.C. Antibacterial potential of liquid hand soap with Piper aduncum leaf extract // Int. J. of Life Sciences. 2019. V. 7. № 1. P. 1–9.
8. Кравченко А.Н., Желтоухова Е.Ю., Болгова И.Н. Оптимизация технологии получения твердого хозяйственного мыла // Энергосберегающие процессы и аппараты в пищевых и химических производствах: IV конкурс студенческих научных работ. Воронеж: ВГУИТ, 2018.
9. Simmons W.H., Appleton H.A. The Handbook of Soap Manufacture. 2013. 340 p.
10. Spitz L. Soap Manufacturing Technology // Aocs Publishing. 2017. V. 481.
11. The Complete Technology Book on Soaps; 2nd Revised Edition. Asia Pacific Business Press Inc., 2016. 496 p.
12. Hurst G.H. Soaps: a practical manual on the manufacture of domestic, toilet and other soaps. Scott, Greenwood & Son, 2012. 385 p.
13. Watt A. The Art of Soap-making: A Practical Handbook of the Manufacture of Hard and Soft Soaps, Toilet Soaps. Crosby Lockwood, 2007. 310 p.

References

1. Tovbin I.M., Zaliopo M.N., Zhuravleva A.M. Soap production. Moscow, Book on Demand, 2014. 103 p. (in Russian).
2. Kasatkin F.S. Soap production. Pishchepromizdat, 1936. (in Russian).
3. Dronikova T.V., Nosovitskaya F.P. Solid soap. Collection of materials of the conference VNIIZh. St. Petersburg, 2015. (in Russian).
4. Handojo L.A., Indarto A., Shofinita D., Meitha A. et al. Calcium soap from palm fatty acid distillate for ruminant feed: Ca (OH) 2 as calcium source. MATEC Web of Conferences. EDP Sciences, 2018. vol. 159. pp. 02062.
5. Kravchenko A.N., Zheltoukhova E.Yu., Kondrashina E.D. Analysis of the main raw materials for the production of solid laundry soap. New in technology and technology of functional food products based on biomedical views: VIII International Scientific and Technical Conference dedicated to the 90th anniversary of the Faculty of Technology of VGUIT. Voronezh, 2019. pp. 561–563. (in Russian).
6. Kravchenko A.N., Zheltoukhova E.Yu., Kondrashina E.D. Basic Methods and Technological Schemes for the Production of Soap Products. New in Technology and Technique of Functional Food Products Based on Biomedical Views: VIII International Scientific and Technical Conference, dedicated to the 90th anniversary of the Faculty of Technology of VGUIT. Voronezh, 2019. pp. 563–569. (in Russian).
7. Ordoyo A.E.T., Sepe M.C. Antibacterial potential of liquid hand soap with Piper aduncum leaf extract. Int. J. of Life Sciences. 2019. vol. 7. no. 1. pp. 1–9.
8. Kravchenko A.N., Zheltoukhova E.Yu., Bolgova I.N. Optimization of the technology for producing solid laundry soap. Energy-saving processes and apparatuses in food and chemical industries: IV competition of student research papers. Voronezh: VSUIT, 2018. (in Russian).
9. Simmons W.H., Appleton H.A. The Handbook of Soap Manufacture. 2013. 340 p.
10. Spitz L. Soap Manufacturing Technology. Aocs Publishing. 2017. V. 481.
11. The Complete Technology Book on Soaps; 2nd Revised Edition. Asia Pacific Business Press Inc., 2016. 496 p.
12. Hurst G.H. Soaps: a practical manual on the manufacture of domestic, toilet and other soaps. Scott, Greenwood & Son, 2012. 385 p.
13. Watt A. The Art of Soap-making: A Practical Handbook of the Manufacture of Hard and Soft Soaps, Toilet Soaps. Crosby Lockwood, 2007. 310 p.

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

 <https://orcid.org/0000-0002-7463-9013>

Алёна Н. Кравченко студент, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, Alena.k09@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3236-1893>

Елизавета Д. Кондрашина студент, кафедра 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

 <https://orcid.org/0000-0002-8401-6151>

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Ekaterina Yu. Zheltoukhova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology of fats, processes and apparatuses of chemical and food industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, Katsturova@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-7463-9013>

Alena N. Kravchenko student, technology of fats, processes and apparatuses of chemical and food industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394066, Russia, Alena.k09@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3236-1893>

Elizaveta D. Kondrashina student, technology of fats, processes and apparatuses of chemical and food industries department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394066, Russia, lizakondrasina@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8401-6151>

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 05/08/2019	После редакции 21/08/2019	Принята в печать 31/08/2019
Received 05/08/2019	Accepted in revised 21/08/2019	Accepted 31/08/2019

Модели технологических систем с гидродинамикой идеального вытеснения и смешивания в simulink

Анатолий А. Хвостов	¹	khvtol1974@yandex.ru	 0000-0002-3836-9407
Алексей А. Журавлев	¹	zhuraa1@rambler.ru	 0000-0002-2194-767X
Елена А. Шипилова	¹	elen_ship@list.ru	 0000-0003-1050-036X
Рита С. Сумина	¹	rsumina@mail.ru	 0000-0003-3606-4762
Газибег О. Магомедов	²	mmg@inbox.ru	 0000-0002-7201-8387
Игорь А. Хаустов	²	haustov_ia@mail.ru	 0000-0002-8897-5763

¹ Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул. Старых Большевиков, 54А, г. Воронеж, 394064, Россия

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

Аннотация. Основной трудностью при использовании динамических моделей элементов технологических систем с гидродинамикой идеального перемешивания и вытеснения в системах компьютерного моделирования MathWorks Simulink™ является представление обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) и дифференциальных уравнений в частных производных (ДУЧП), описывающих динамику процесса, в набор блоков MathWorks Simulink™. Цель работы – разработка подхода к синтезу матричных динамических моделей элементов технологических систем с гидродинамикой идеального перемешивания и вытеснения, позволяющего осуществлять переход от ДУЧП к системе ОДУ на основе матричного представления дискретизации производных по координате. Процесс синтеза динамической матричной математической модели рассматривался на примере охладителя сахарного сиропа. Показателями качества готового продукта выбраны размеры кристаллов сахарозы и их доля в общем объеме помадной массы. Учет зависимости вязкости сиропа от температуры, тепловых эффектов в результате процесса кристаллизации сахарозы из сиропа, конструктивных особенностей типовой помадосбивальной машины позволил уточнить динамику процесса охлаждения сиропа. Разработанная с помощью данного подхода модель позволяет получать оценки температуры на выходе из охладителя в режиме реального времени, что дает возможность исследовать динамику технологического процесса и синтезировать систему управления. Представленный подход позволяет реализовывать математические модели идеальных реакторов в системе Simulink и переходить к матричным обыкновенным дифференциальным уравнениям, что дает возможность преобразовать их в блоки Simulink. Подход применим также к другим моделям идеальных реакторов, что позволяет формировать библиотеки типовых идеальных реакторов системы Simulink для синтеза тепломассообменного оборудования. Предлагаемый подход значительно упрощает исследование и модернизацию существующего и разработку нового технологического оборудования, а также синтез алгоритмов управления протекающими в них процессами.

Ключевые слова: математическое моделирование, динамические системы, охладитель сахарного сиропа, MathWorks Simulink

Simulink models of technological systems with perfect mixing and plug-flow hydrodynamics

Anatoly A. Khvostov	¹	khvtol1974@yandex.ru	 0000-0002-3836-9407
Alexei A. Zhuravlev	¹	zhuraa1@rambler.ru	 0000-0002-2194-767X
Elena A. Shipilova	¹	elen_ship@list.ru	 0000-0003-1050-036X
Rita S. Sumina	¹	rsumina@mail.ru	 0000-0003-3606-4762
Gazibeg O. Magomedov	²	mmg@inbox.ru	 0000-0002-7201-8387
Igor A. Khaustov	²	haustov_ia@mail.ru	 0000-0002-8897-5763

¹ Military Educational and Scientific Center of the Air Force “N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy”, Starykh Bolshevikov street, 54 A Voronezh, 394064, Russia

² Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The dynamic models of elements of technological systems with perfect mixing and plug-flow hydrodynamics are based on the systems of algebraic and differential equations that describe a change in the basic technological parameters. The main difficulty in using such models in MathWorks Simulink™ computer simulation systems is the representation of ordinary differential equations (ODE) and partial differential equations (PDE) that describe the dynamics of a process as a MathWorks Simulink™ block set. The study was aimed at developing an approach to the synthesis of matrix dynamic models of elements of technological systems with perfect mixing and plug-flow hydrodynamics that allows for transition from PDE to an ODE system on the basis of matrix representation of discretization of coordinate derivatives. The process of synthesis of the dynamic matrix mathematical model was considered by the example of a sugar syrup cooler, the quality indicator of the finished product are selected as sucrose crystals and their portion in the total volume of caramel mass. Taking into account the dependence of syrup viscosity on temperature, thermal effects as a result of the process of crystallization of sucrose from syrup, design features of a typical caramel machine made it possible to clarify the dynamics of the process of syrup cooling. The model developed with this approach allows to obtain real-time estimates of temperatures at the outlet of the cooler, which makes it possible to study the dynamics of the technological process

Для цитирования

Хвостов А.А., Журавлев А.А., Шипилова Е.А., Сумина Р.С., Магомедов Г.О., Хаустов И.А. Модели технологических систем с гидродинамикой идеального вытеснения и смешивания в simulink // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 28–38. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-28-38

For citation

Khvostov A.A., Zhuravlev A.A., Shipilova E.A., Sumina R.S., Magomedov G.O., Khaustov I.A. Simulink models of technological systems with perfect mixing and plug-flow hydrodynamics. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 28–38. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-28-38

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

and synthesize the control system. The presented approach allows to implement mathematical models of ideal reactors in Simulink system and to move to matrix ordinary differential equations, which makes it possible to convert them into Simulink blocks. The approach is also applicable to other models of ideal reactors, which allows to form libraries of typical ideal reactors of Simulink system for synthesis of heat and mass exchange equipment. The proposed approach significantly simplifies the study and modernization of the current and the development of new technological equipment, as well as the synthesis of algorithms for controlling the processes therein.

Keywords: mathematical modeling, dynamic systems, sugar syrup cooler, MathWorks Simulink

Введение

На практике получили распространение идеальные модели структуры потоков: модели идеального смешения (описывают изменение концентрации, температуры и т. п. в аппаратах с интенсивным перемешиванием), модели идеального вытеснения (описывают изменение концентрации, температуры и т. п. при поршневом движении среды через аппарат), ячеечные и другие [1–3]. Математические модели таких аппаратов получили названия реакторов идеального смешения (РИС), реакторов идеального вытеснения (РИВ) и т. д.

Для компьютерного моделирования технологических процессов широко используется интерактивная графическая среда имитационного моделирования Simulink, позволяющая при помощи блок-диаграмм в виде направленных графов строить динамические модели, включая дискретные, непрерывные и гибридные, нелинейные и модели с сингулярностями в рамках одной интегрированной среды [4].

При моделировании идеальных реакторов необходим перевод уравнений, описывающих технологический процесс, в набор блоков среды визуального программирования Simulink. В случае систем обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) используется блок интегрирования входного сигнала и библиотека численных методов MathWorks™, а также методика представления ОДУ или системы ОДУ в виде структурной модели Simulink [5, 6]. В случае дифференциальных уравнений в частных производных (ДУЧП), которыми описываются, например, потоки идеального вытеснения, уравнение теплопроводности и т. п., возникает проблема приведения ДУЧП к уравнению или системе ОДУ. Один из подходов, используемых при переходе от ДУЧП к ОДУ, заключается в применении интегральных преобразований, например, преобразований Фурье, Лапласа [7, 8] и избавлении от производных по пространственной координате. Получение решения таких уравнений не всегда возможно в аналитическом виде, кроме того, затруднено осуществление прямых и обратных интегральных преобразований средствами Simulink для произвольного входного сигнала. Другой подход заключается в использовании численных методов решения ДУЧП (конечных элементов, конечных разностей

и т. д.) и интегрировании программных блоков в структурную модель Simulink с помощью пользовательских функций, реализованных на языках программирования как MathWorks, так и универсальных типа C++ [9]. В этом случае возможна реализация всего арсенала имеющихся средств численного решения ДУЧП, однако любая модификация модели объекта влечёт за собой необходимость в изменении кода функции и его отладке, нарушая тем самым объектно-ориентированный принцип Simulink – разделение внутренней структуры и интерфейса модели. Один из подходов основан на дискретизации только пространственной переменной методом конечных разностей, при этом производные по времени остаются непрерывными и ДУЧП представляется в виде задачи Коши для системы ОДУ [10]. Реализация каждого уравнения системы ОДУ приводит к довольно громоздким структурным моделям в Simulink, и актуальным является компактное представление таких систем в матричном виде [11–13]. В этом случае необходимо заменить разложение производных по пространственной координате матричными уравнениями [12]. В [14] показано такое представление для Simulink одномерного уравнения теплопроводности.

Таким образом, актуальной задачей является разработка способа представления типовых идеальных реакторов с помощью матричных обыкновенных дифференциальных уравнений (МОДУ) и реализация с их помощью структурных моделей в Simulink.

Объекты и методы

Для синтеза матричной динамической модели типового идеального реактора необходимо выполнить следующую последовательность действий.

1. Выбрать модель идеального реактора, подходящего для описания структуры потока в технологическом оборудовании. Этот вопрос подробно рассмотрен в специальной литературе, например, в [1–3].

2. Составить соответствующее ему дифференциальное уравнение. В результате для каждого идеального реактора получается одно или несколько ОДУ или ДУЧП с соответствующими начальными и граничными условиями.

3. Разрешить полученное уравнение или их множество относительно старшей производной по времени.

4. В случае наличия пространственных производных осуществить их дискретизацию в соответствии с принятой формой конечно-разностной аппроксимации.

5. Заменить каждое ДУЧП множеством ОДУ, используя замену частных производных по пространственной переменной соответствующим матричным уравнением.

Например, замена первой производной температуры $\frac{\partial T(x,t)}{\partial x}$ осуществляется следующим образом:

$$\frac{\partial T(x,t)}{\partial x} \approx \begin{cases} \frac{T_1(t) - T_0(t)}{\Delta x}, \\ \dots \\ \frac{T_i(t) - T_{i-1}(t)}{\Delta x} \\ \dots \\ \frac{T_L(t) - T_{L-1}(t)}{\Delta x}, \end{cases} \approx \mathbf{A}\mathbf{T}(t) + \mathbf{B}(t),$$

$$\text{где } \mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ -1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ & & \dots & & \\ 0 & \dots & -1 & 1 & 0 \\ 0 & \dots & 0 & -1 & 1 \end{pmatrix} - \text{матрица разложения первой производной; } \mathbf{B}(t) = \begin{pmatrix} T_0(t) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} - \text{вектор,}$$

задающий граничное условие.

Вторая производная может быть задана как

$$\frac{\partial^2 T(x,t)}{\partial x^2} \approx \begin{cases} \frac{T_0(t) - 2T_1(t) + T_2(t)}{\Delta x^2}, \\ \dots \\ \frac{T_{i-1}(t) - 2T_i(t) + T_{i+1}(t)}{\Delta x^2} \\ \dots \\ \frac{T_{L-2}(t) - 2T_{L-1}(t) + T_L(t)}{\Delta x^2}, \end{cases} \approx \mathbf{C}\mathbf{T}(t) + \mathbf{D}(t),$$

$$\text{где } \mathbf{C} = \begin{pmatrix} -2 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & -2 & 1 & \dots & 0 \\ & & \dots & & \\ 0 & \dots & 1 & -2 & 1 \\ 0 & \dots & 0 & 1 & -2 \end{pmatrix} - \text{матрица разложения второй производной; } \mathbf{D}(t) = \begin{pmatrix} T_0(t) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ T_L(t) \end{pmatrix} - \text{вектор,}$$

задающий граничные условия.

6. После этого в соответствии с методикой, описанной в [5], составить структурную схему модели идеального реактора в виде блоков Simulink, решающих МОДУ с учетом того, что сигналы, передаваемые от блока к блоку, представляют собой векторы и матрицы, а соответствующие операции умножения будут выполняться по правилам матричного умножения.

При этом интегрирование производных по времени будет выполняться численными методами из библиотеки Simulink.

7. Задать параметры модели, характеризующие гидродинамику потоков, геометрию моделей идеальных реакторов и теплофизические свойства технологических сред.

8. Создать входные и выходные потоки для построения моделей технологического оборудования в виде системы идеальных реакторов и дополнительных подсистем при необходимости.

9. Оформить модель реактора в виде подсистемы в формате Simulink.

Рассмотрим процесс синтеза динамической матричной математической модели на примере охладителя сахарного сиропа (помадосбивальной машины), который используется в поточных линиях производства помадных конфет [15]. Охладитель представляет собой цилиндрический корпус 1, внутри которого вращающимся шнеком 2 продвигается сахарный сироп (рисунок 1). Корпус 1 снабжен охлаждающей рубашкой, выполненной в виде закрытого спирального канала (ЗСК) 3, через который подается охлаждающая вода (хладагент). В результате теплообмена между сиропом и хладагентом через разделяющую их стенку ЗСК температура сиропа снижается, что приводит к кристаллизации сахарозы из помадного сиропа и образованию помадной массы.

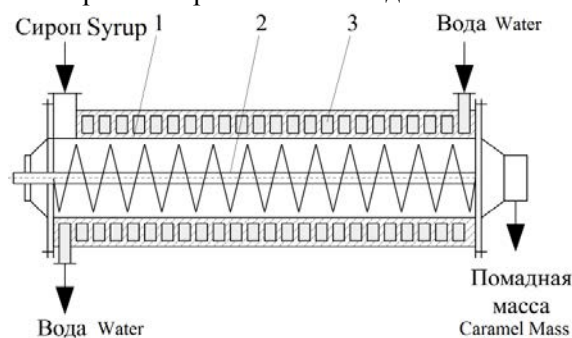


Рисунок 1. Охладитель сахарного сиропа: 1 – цилиндрический корпус; 2 – шнек; 3 – закрытый спиральный канал

Figure 1. Sugar syrup cooler: 1 – is cylindrical body; 2 – is screw; 3 – is closed spiral canal

Показателями качества готового продукта (помадной массы) являются размеры кристаллов сахарозы и их доля в общем объеме помадной массы. В свою очередь, дисперсный состав помадной массы всецело зависит как от параметров охлаждения помадного сиропа (температура, интенсивность отвода тепла от сиропа), так и его теплофизических и реологических свойств, изменяющихся в ходе процесса кристаллизации сахарозы [15].

Для моделирования теплообмена между сиропом и хладагентом выберем модели идеальных реакторов. Ввиду интенсивного перемешивания сахарного сиропа вращающимся шнеком, сложности математического описания, возникающего в результате перемешивания трехмерного температурного поля, а также

необходимости сопряжения геометрических координат потоков охлаждающей воды и сахарного сиропа в первом приближении будем оценивать среднюю температуру сахарного сиропа по длине цилиндрического корпуса 1. Усредняя температуру сахарного сиропа по длине корпуса путем интегрирования уравнения РИВ по переменной x и делением на длину корпуса, получим уравнение, соответствующее по структуре РИС. Для потока охлаждающей воды пренебрежем распределением температур по площади поперечного сечения канала и выберем модель РИВ. Идеальные реакторы физически разделены стенкой, через которую осуществляется теплообмен между хладагентом и сахарным сиропом. Тепловыми эффектами в результате процесса кристаллизации сахарозы из сиропа, а также теплообменом с окружающей средой пренебрегаем. Температуру стенки будем считать постоянной по длине.

Рассмотрим синтез модели РИС в соответствии со схемой на рис. 2.

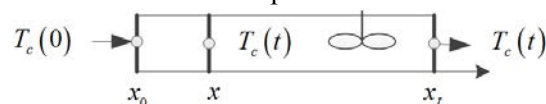


Рисунок 2. Схема синтеза модели РИС

Figure 2. Scheme of synthesis of model of the RIM

Если структура потока сиропа соответствует модели РИС, то для математического описания этого потока можно использовать уравнение изменения температуры с учетом теплопередачи [2]. Это будет обыкновенное дифференциальное уравнение относительно температуры сиропа T_c .

$$\begin{cases} V_c \rho_c C_{Pc} \frac{dT_c(t)}{dt} = v_c \rho_c C_{Pc} [T_c^{ax} - T_c(t)] + \\ + F_c K_{Tc} [T_{cm}(t) - T_c(t)], \\ T_c(0) = T_{0c}, \end{cases} \quad (1)$$

где V_c – объем зоны идеального перемешивания, m^3 ; ρ_c – плотность сахарного сиропа, kg/m^3 ; C_{Pc} – удельная теплоемкость сахарного сиропа, $J/(kg \cdot K)$; v_c – объемная скорость потока (расход), m^3/c ; T_c^{ax} – температура потока на входе в зону идеального перемешивания; F_c – площадь поверхности теплообмена между сиропом и стенкой ЗСК, m^2 ; K_{Tc} – коэффициент теплопередачи от сиропа к центру стенки ЗСК, $W/(m^2 \cdot K)$; $T_{cm}(t)$ – температура центра стенки ЗСК, $^{\circ}C$.

Для решения уравнения в Simulink воспользуемся методикой, изложенной в [5], и представим (1) в виде блоков Simulink (рисунок 3), предварительно разрешив (1) относительно производной.

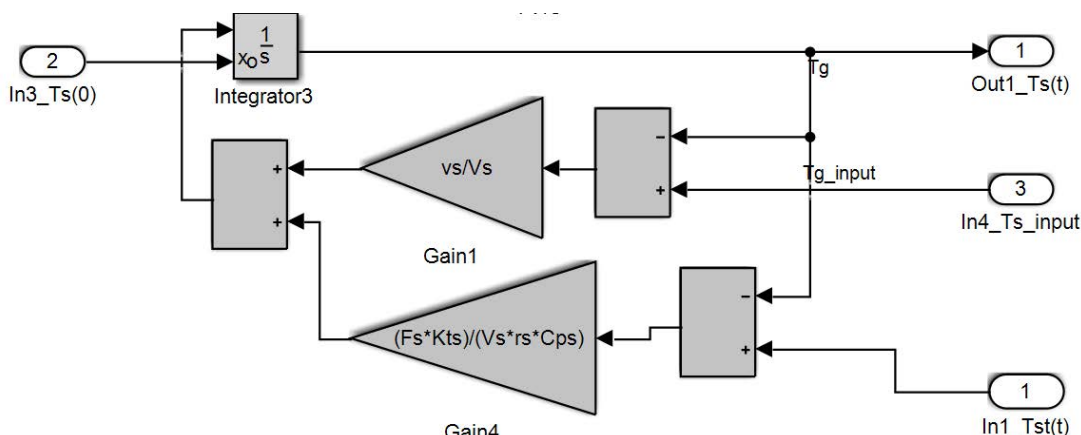


Рисунок 3. Схема решения формулы (1) в Simulink

Figure 3. Scheme for solving formula (1) in Simulink

Рассмотрим синтез модели реактора идеального вытеснения (рисунок 4).

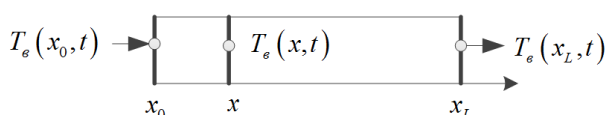


Рисунок 4. Схема синтеза модели РИВ

Figure 4. Scheme of synthesis of model of the RIR

Если структура потока соответствует модели идеального вытеснения (в основе модели лежит допущение о постоянстве температуры в поперечном сечении и отсутствии продольного перемешивания), то для математического описания этого потока можно использовать уравнение с учетом теплопередачи [1]

$$\left\{ \begin{aligned} S_e \rho_e C_{Pe} \frac{\partial T_e(x, t)}{\partial t} &= -v_e \rho_e C_{Pe} \frac{\partial T_e(x, t)}{\partial x} + \\ &+ \frac{F_e K_{Te}}{L_e} [T_{cm}(t) - T_e(t)], \\ T_e(x, 0) &= T_{e0}(x), T_e(0, t) = T_{x0}(t), \end{aligned} \right. \quad (2)$$

где $S_e = V_e / L_e$; $T_e(x, t)$ – функция распределения температуры потока хладагента по пространственной координате и времени; V_e – объем зоны идеального вытеснения, м³; ρ_e – плотность хладагента, кг/м³; C_{Pe} – удельная теплоемкость хладагента, Дж/(кг·К); v_e – объемная скорость потока (расход), м³/с; $T_{x0}(t)$ – температура потока на входе в зону идеального вытеснения; F_e – площадь поверхности теплообмена между хладагентом и стенкой ЗСК, м²; K_{Te} – коэффициент теплопередачи от хладагента к центру стенки ЗСК, Вт/(м²·К).

Приведем (2) к конечно-разностному виду и разрешим относительно производной

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dT_{e1}(t)}{dt} &= -\frac{v_e}{S_e} \left[\frac{T_{e0}(t) - T_{e1}(t)}{\Delta x} \right] + \frac{F_e K_{Te}}{V_e \rho_e C_{Pe}} [T_{cm}(t) - T_{e1}(t)], \\ &\dots \\ \frac{dT_{e1}(t)}{dt} &= -\frac{v_e}{S_e} \left[\frac{T_{ei}(t) - T_{e,i-1}(t)}{\Delta x} \right] + \frac{F_e K_{Te}}{V_e \rho_e C_{Pe}} [T_{cm}(t) - T_{ei}(t)], \\ &\dots \\ \frac{dT_{eL}(t)}{dt} &= -\frac{v_e}{S_e} \left[\frac{T_{eL}(t) - T_{eL-1}(t)}{\Delta x} \right] + \frac{F_e K_{Te}}{V_e \rho_e C_{Pe}} [T_{cm}(t) - T_{eL}(t)], \\ T_{ei}(0) &= f_e(x_i), i = 1..N, \\ T_{e0}(t) &= \varphi_e(t), T_{eL+1}(t) = \psi_e(t). \end{aligned} \right. \quad (3)$$

Зададим вектор текущей температуры в точках разбиения по координате и начальных условий

$$\mathbf{T}_\epsilon(t) = \begin{pmatrix} T_{\epsilon 1}(t) \\ \dots \\ T_{\epsilon i}(t) \\ \dots \\ T_{\epsilon L}(t) \end{pmatrix} \quad \mathbf{T}_{\epsilon 0} = \begin{pmatrix} T_{\epsilon 01} \\ \dots \\ T_{\epsilon 0i} \\ \dots \\ T_{\epsilon 0L} \end{pmatrix}.$$

Первую производную так же представим в виде матричного выражения [4]

$$\mathbf{A}\mathbf{T}_\epsilon(t) + \mathbf{C}(t),$$

где $\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ -1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ & & \dots & & \\ 0 & \dots & -1 & 1 & 0 \\ 0 & \dots & 0 & -1 & 1 \end{pmatrix}$ – матрица разложения первой производной; $\mathbf{C}(t) = \begin{pmatrix} T_{\epsilon 0}(t) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ – вектор, зада-

ющий граничное условие.

Тогда систему ОДУ (3) запишем как матричное ОДУ

$$\begin{cases} \frac{d\mathbf{T}_\epsilon(t)}{dt} = -\frac{\nu_\epsilon}{\Delta x S_\epsilon} [\mathbf{A}\mathbf{T}_\epsilon(t) + \mathbf{C}(t)] + \frac{F_\epsilon K_{T_\epsilon}}{V_\epsilon \rho_\epsilon C_{P_\epsilon}} [T_{cm}(t) - \mathbf{T}_\epsilon(t)], \\ \mathbf{T}_\epsilon(0) = \mathbf{T}_{\epsilon 0}, \end{cases}$$

и представим в виде структурной модели Simulink (рисунок 5).

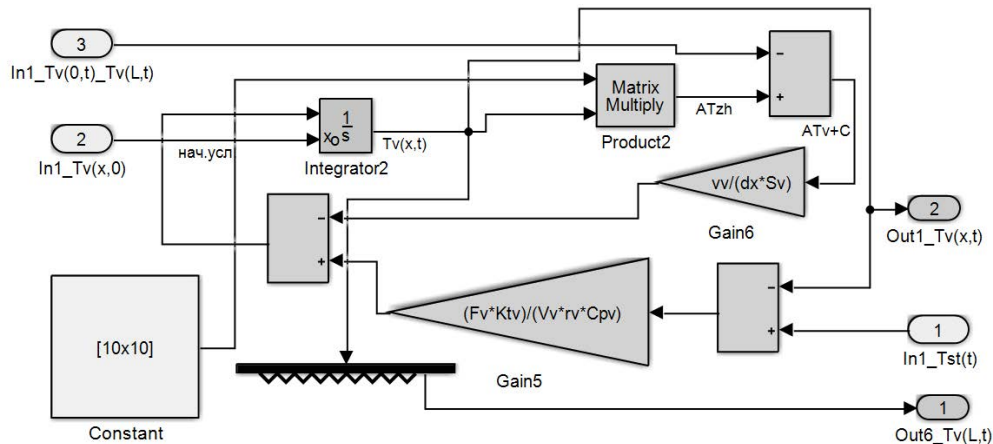


Рисунок 5. Схема решения формулы (3) в Simulink

Figure 5. Scheme for solving formula (3) in Simulink

Поскольку постановка задачи подразумевает, что тепловой емкостью стенки, разделяющей потоки теплоносителей, пренебречь нельзя, то к данным уравнениям добавится уравнение изменения температуры разделяющей среды стенки $T_{cm}(t)$:

$$\begin{cases} m_{cm} C_{Pcm} \frac{dT_{cm}(t)}{dt} = F_c K_{T_c} [T_c(t) - T_{cm}(t)] - \\ - F_\epsilon K_{T_\epsilon} [T_{cm}(t) - \bar{T}_\epsilon(t)], \\ T_{cm}(0) = T_{cm0}, \end{cases} \quad (4)$$

где m_{cm} – масса стенки, кг; C_{Pcm} – удельная теплоемкость стенки, Дж/(кг·К); $\bar{T}_\epsilon(t)$ – усредненная температура хладагента по всей длине, рассчитываемая как

$$\bar{T}_\epsilon(t) = \frac{1}{L} \int_0^L T_\epsilon(x, t) dx$$

и при разбиении по x на N элементов заменяется суммой

$$\bar{T}_\epsilon(t) \approx \frac{1}{L} \sum_{i=1}^N T_{\epsilon i}(t) \Delta x.$$

Представим в виде структурной модели Simulink (рисунок 6).

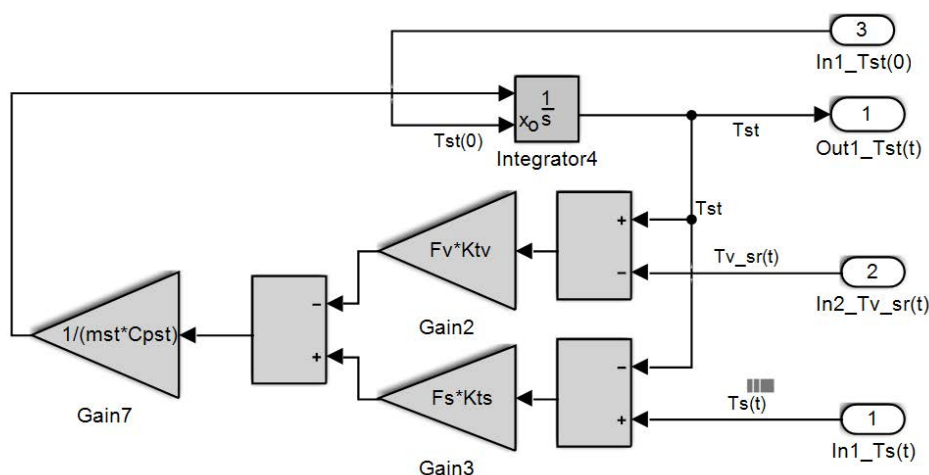


Рисунок 6. Схема решения формулы (4) в Simulink

Figure 6. Scheme for solving formula (4) in Simulink

В результате формируется набор подсистем для моделирования идеальных реакторов. Для составления модели охладителя необходимо лишь соединить подсистемы в единую расчетную схему в соответствии с рисунком 7 и задать параметры модели.

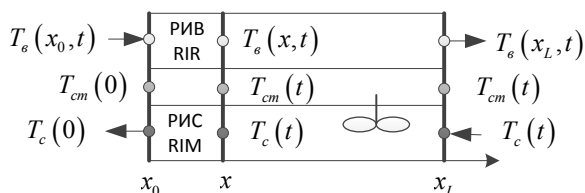


Рисунок 7. Схема синтеза модели охладителя

Figure 7. Scheme of synthesis of model of the cooler

Математическая модель охладителя в таком случае опишется системой скалярных и матричных ОДУ

$$\begin{aligned} \frac{dT_{\varepsilon}(t)}{dt} &= -\frac{\upsilon_{\varepsilon}}{\Delta x S_{\varepsilon}} \left[\mathbf{AT}(t) + \mathbf{C}(t) \right] + \\ &+ \frac{F_{\varepsilon} K_{T_{\varepsilon}}}{V_{\varepsilon} \rho_{\varepsilon} C_{P_{\varepsilon}}} \left[T_{cm}(t) - T_{\varepsilon}(t) \right], \\ \frac{dT_c(t)}{dt} &= \frac{\upsilon_c}{V_c} \left[T_c^{ex} - T_c(t) \right] + \\ &+ \frac{F_c K_{T_c}}{V_c \rho_c C_{P_c}} \left[T_{cm}(t) - T_c(t) \right], \\ \frac{dT_{cm}(t)}{dt} &= \frac{F_{\varepsilon} K_{T_{\varepsilon}}}{m_{cm} C_{P_{cm}}} \left[\frac{1}{L} \sum_{i=1}^N T_{\varepsilon i}(t) \Delta x - T_{cm}(t) \right] - \\ &- \frac{F_c K_{T_c}}{m_{cm} C_{P_{cm}}} \left[T_{cm}(t) - T_c(t) \right], \\ \mathbf{T}_{\varepsilon}(0) &= \mathbf{T}_{\varepsilon 0}, \quad T_c(0) = T_{c0}, \quad T_{cm}(0) = T_{cm0}, \end{aligned}$$

с параметрами [15, 16]: теплоёмкость хладагента, $C_{p_g} = 4190 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$, теплоёмкость стенки,

$C_{pcm} = 385 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, теплоёмкость сиропа,
 $C_{pc} = 2500 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, площадь теплообмена
хладагент – стенка $F_{\theta} = 1,3 \text{ м}^2$, площадь теплообмена
сиропа – стенка $F_c = 1,56 \text{ м}^2$, масса
стенки $m_{cm} = 25,465 \text{ кг}$, площадь поперечного
сечения внутри ЗСК $S_{\theta} = 0,000314 \text{ м}^2$, коэффициент
теплопроводности стенки $\lambda_{cm} = 400 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$,
плотность материала стенки (медь) $\rho_m = 8900 \text{ кг}/\text{м}^3$,
плотность хладагента $\rho_{\theta} = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$, плотность
сиропа $\rho_c = 1500 \text{ кг}/\text{м}^3$, коэффициент теплоотда-
чи от хладагента к стенке $\alpha_{\theta} = 643,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$,
коэффициент теплоотдачи от сиропа к стенке
 $\alpha_c = 820,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$, коэффициент теплопереда-
чи от сиропа к центру стенки
 $K_{Tc} = 1 / \left(\frac{1}{\alpha_c} + \frac{\delta_{cm}}{2\lambda_{cm}} \right) = 819,672 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$, коэф-
фициент теплопередачи от хладагента к центру

$$\text{стенки } K_{T_6} = 1 / \left(\frac{1}{\alpha_g} + \frac{\delta_{cm}}{2\lambda_{cm}} \right) = 642,261 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)},$$

шаг дискретизации $\Delta x = 2,07$ м, число элементов дискретизации по длине $N = 10$, толщина стенки ЗСК, $\delta_{cm} = 0,002$ м, длина ЗСК $L = 20,7$ м, объемный расход хладагента $v_g = 0,00096$ м³/с, объемный расход сиропа $v_c = 0,0001$ м³/с, начальная температура хладагента $T_{0g} = 15^\circ$ С, начальная температура сиропа $T_{0c} = 105^\circ$ С, начальная температура стенки $T_{0cm} = 25^\circ$ С, объем зоны РИВ $V_g = 0,009$ м³, объем сиропа в РИС $V_c = 0,36$ м³.

Структурная модель в виде блоков Simulink представлена на рисунке 8, результаты моделирования представлены на рисунке 9–11. Исследования и вычислительный эксперимент проведены в Воронежском государственном университете инженерных технологий.

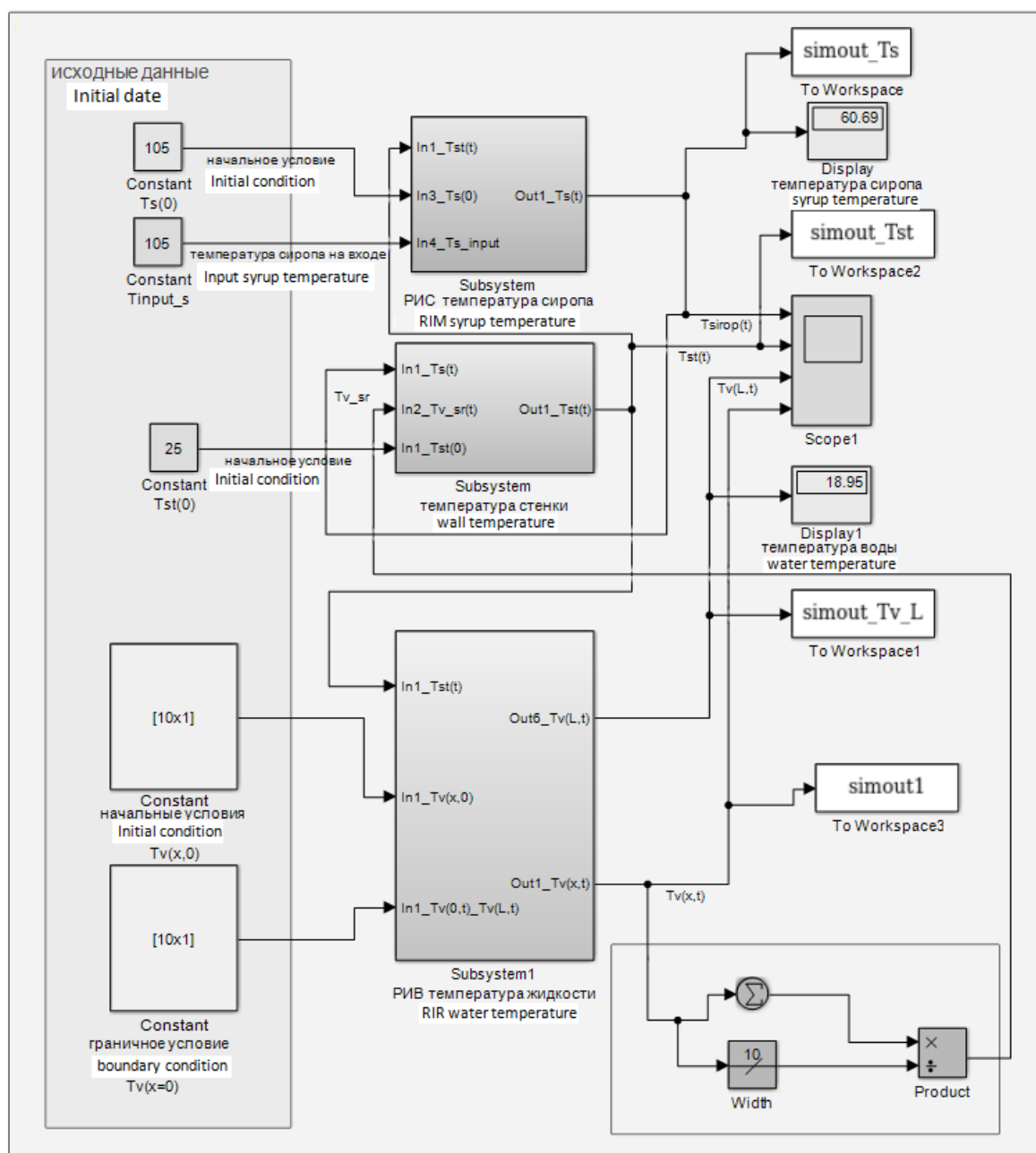


Рисунок 8. Структурная модель в Simulink

Figure 8. Structural model in Simulink

Результаты и обсуждение

Данные рисунка 9 показывают, что охлаждение сахарного сиропа от начальной температуры 105 до 60 °С происходит в течение 600÷800 с, что согласуется с технологическим регламентом приготовления помадной массы. Дальнейшее охлаждение сиропа не приводит к уменьшению температуры готового продукта. Отклонение расчетных данных от регламента не превысило 10%.

Разработанная с помощью данного подхода модель позволяет получать оценки температур на выходе из охладителя в режиме реального времени (рисунок 9, а), что дает возможность

исследовать динамику технологического процесса и синтезировать систему управления. Возможны оценки распределения температуры как по времени, так и по длине поверхности теплообмена ЗСК (рисунок 9, б). Кроме того, варьируя параметры математической модели, можно оценить их влияние на технико-экономические показатели процесса. Например, при изменении материала, из которого изготовлен ЗСК (рисунок 10, а), прогнозировать при этом изменение динамических характеристик процесса (рисунок 10, б).

При охлаждении сиропа существенно изменяется его вязкость, что влечет за собой

изменение гидродинамики потока сиропа и условий теплообмена между хладагентом и сиропом через разделяющую их стенку. Введение температурной поправки при расчете вязкости сиропа позволяет учесть изменение коэффициента теплопроводности от сиропа к стенке ЗСК. Например, используя данные работы [16], аппроксимируем зависимость вязкости сиропа от температуры уравнением Аррениуса

$$\eta_c(T_c) = 3,057 \cdot 10^{-6} \exp \left[\frac{48035,124}{8,31(T_c + 273)} \right].$$

Тогда учет зависимости вязкости сиропа от температуры позволяет оценить коэффициенты теплоотдачи и теплопроводности от сиропа к стенке ЗСК для каждой температуры и уточнить динамику процесса охлаждения сиропа

(рисунок 11). В этом случае расчет коэффициентов теплоотдачи и теплопроводности оформляют с помощью дополнительного блока Matlab Function из библиотеки Simulink, осуществляющего непрерывный расчет коэффициентов теплоотдачи и теплопроводности по подаваемым на вход блока текущим значениям температуры сиропа.

Дальнейшее уточнение модели охладителя может быть связано, во-первых, с учетом тепловых эффектов в результате процесса кристаллизации сахарозы из сиропа, во-вторых, с учетом конструктивных особенностей типовой помадосбивальной машины (подача охлаждающей воды внутрь вала транспортирующего шнека, разделение корпуса машины и охлаждающей водяной рубашки на три секции, в каждой из которых реализуется отвод тепла от сиропа с различной интенсивностью).

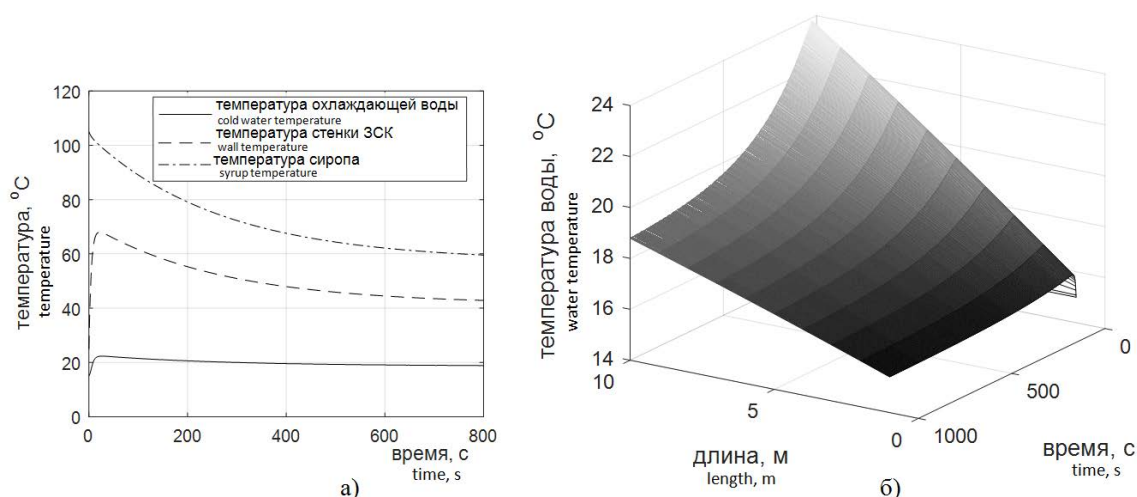


Рисунок 9. Результаты моделирования: *a* – распределение температуры по времени; *b* – распределение температуры по длине поверхности теплообмена

Figure 9. Results of model operation: *a* – distribution of temperature on time; *b* – distribution of temperature along the closed spiral canal

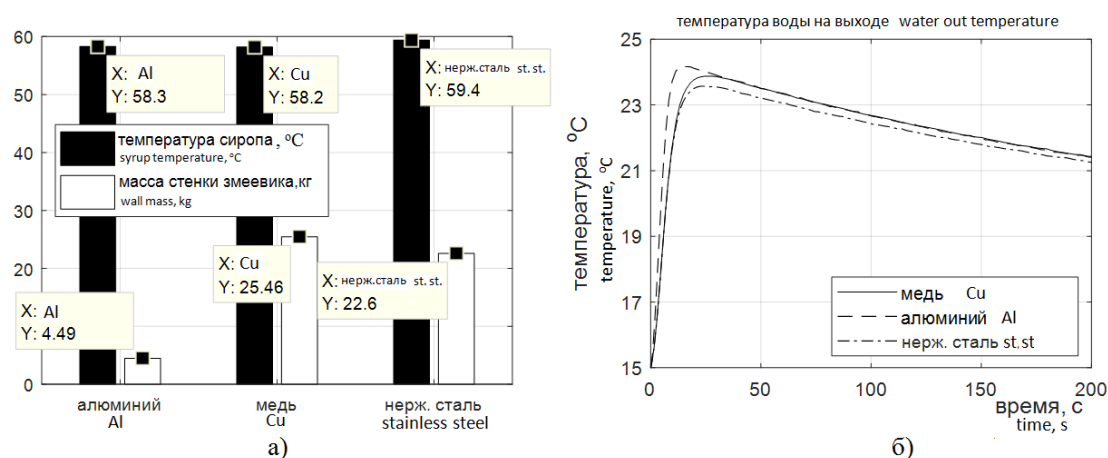


Рисунок 10. Результаты исследования модели для различных материалов ЗСК: *a* – влияние на технико-экономические показатели процесса; *b* – влияние на динамические характеристики процесса

Figure 10. The CSC material impact on: *a* – syrup temperature after cooling and the CSC mass; *b* – coolant temperatures

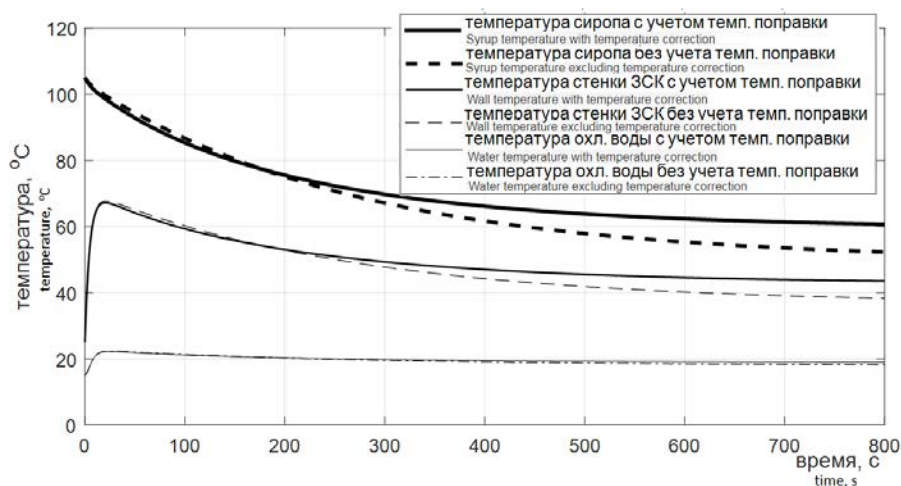


Рисунок 11. Динамика процесса охлаждения сиропа

Figure 11. Dynamics of process of cooling of syrup

Вывод

Представленный подход позволяет реализовывать математические модели идеальных реакторов в системе Simulink путем дискретизации пространственной переменной и переходить к матричным обыкновенным дифференциальным уравнениям, что дает возможность преобразовать их в блоки Simulink. Подход применим к другим моделям идеальных реакторов, что позволяет формировать библиотеки типовых идеальных реакторов системы Simulink для синтеза теплообменного оборудования,

которые легко интегрировать в единую систему синтеза, исследования и отладки систем управления Simulink.

В рамках систем имитационного моделирования Simulink возможно дальнейшее уточнение полученных простейших моделей на основе идеальных реакторов путем введения переменных параметров модели, нелинейностей, контуров регулирования и т.д. Это значительно упрощает исследование и модернизацию существующего технологического оборудования, разработку нового, а также синтез алгоритмов управления протекающими в них процессами.

Литература

- 1 Berk Z. Food Process Engineering and Technology: second edition. Academic Press, Elsevier Inc., 2013. 689 p.
- 2 Van Boekel M. Kinetic Modeling Reactions in Foods. London, N.Y.: CRC Press, 2009. 767 p.
- 3 Harriot P. Chemical Reactor Design. N.Y.: Marcel Dekker Inc., 2003. 99 p.
- 4 MathWorks. URL: <http://matlab.ru/>
- 5 Herman R. Solving Differential Equations Using SIMULINK. 2016. 87 p.
- 6 Gray M.A. Introduction to the Simulation of Dynamics Using Simulink. Chapman & Hall, CRC Press, 2011. 332 p.
- 7 Duffy D.G. Transform Methods for Solving Partial Differential Equations: second edition. CRC Press, 2004. 512 p.
- 8 Wong M.W. Partial Differential Equations: Topics in Fourier Analysis. CRC Press, 2013. 184 p.
- 9 Ozana S., Pies M. Using Simulink S-Functions with Finite Difference Method Applied for Heat Exchangers // Proceedings of the 13th WSEAS International Conference on SYSTEMS. Rodos, 2009. P. 210–215.
- 10 Mazzia A., Mazzia F. High-order transverse schemes for the numerical solution of PDEs // Journal of Computational and Applied Mathematics. 1997. V. 82. № 1–2. P. 299–311.
- 11 LeVeque R.J. Finite Difference Methods For Ordinary and Partial Differential Equations. Philadelphia: SIAM, 2007. 339 p.
- 12 Moler C.B. Numerical Computing with MATLAB. Philadelphia: SIAM, 2004. 336 p.
- 13 Khvostov A.A., Ryazhskikh V.I., Magomedov G.O., Zhuravlev A.A. Matrix dynamic models of elements of technological systems with perfect mixing and plug-flow hydrodynamics in Simulink // Foods and Raw Materials. 2018. V. 6. № 2. P. 483–492. doi: 10.21603/2308-4057-2018-2-483-492
- 14 Hunt B.R., Lipsman R.L., Rosenberg J.M., Coombes K.R. et al. A Guide to MATLAB: For Beginners and Experienced Users. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. 302 p.
- 15 Драгилев А.И., Хроменков В.М., Чернов М.Е. Технологическое оборудование: хлебопекарное, макаронное и кондитерское. СПб.: Лань, 2016. 430 с.
- 16 Драгилев А.И., Руб. М.Д. Сборник задач по расчету технологического оборудования кондитерского производства. М.: ДеЛи принт, 2005. 244 с.
- 17 Салов В.С., Назаренко С.В. Температура кипения и вязкость сахарных растворов // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 1999. № 2–3. С. 69–71.

References

- 1 Berk Z. Food Process Engineering and Technology: second edition. Academic Press, Elsevier Inc., 2013. 689 p.
- 2 Van Boekel M. Kinetic Modeling Reactions in Foods. London, N.Y., CRC Press, 2009. 767 p.
- 3 Harriot P. Chemical Reactor Design. N.Y., Marcel Dekker Inc., 2003. 99 p.
- 4 MathWorks. Available at: <http://matlab.ru/>
- 5 Herman R. Solving Differential Equations Using SIMULINK. 2016. 87 p.

- 6 Gray M.A. Introduction to the Simulation of Dynamics Using Simulink. Chapman & Hall, CRC Press, 2011. 332 p.
- 7 Duffy D.G. Transform Methods for Solving Partial Differential Equations: second edition. CRC Press, 2004. 512 p.
- 8 Wong M.W. Partial Differential Equations: Topics in Fourier Analysis. CRC Press, 2013. 184 p.
- 9 Ozana S., Pies M. Using Simulink S-Functions with Finite Difference Method Applied for Heat Exchangers. Proceedings of the 13th WSEAS International Conference on SYSTEMS. Rodos, 2009. pp. 210–215.
- 10 Mazzia A., Mazzia F. High-order transverse schemes for the numerical solution of PDEs. Journal of Computational and Applied Mathematics. 1997. vol. 82. no. 1–2. pp. 299–311.
- 11 LeVeque R.J. Finite Difference Methods For Ordinary and Partial Differential Equations. Philadelphia, SIAM, 2007. 339 p.
- 12 Moler C.B. Numerical Computing with MATLAB. Philadelphia, SIAM, 2004. 336 p.
- 13 Khvostov A.A., Ryazhskikh V.I., Magomedov G.O., Zhuravlev A.A. Matrix dynamic models of elements of technological systems with perfect mixing and plug-flow hydrodynamics in Simulink. Foods and Raw Materials. 2018. vol. 6. no. 2. pp. 483–492. doi: 10.21603/2308-4057-2018-2-483-492
- 14 Hunt B.R., Lipsman R.L., Rosenberg J.M., Coombes K.R. et al. A Guide to MATLAB: For Beginners and Experienced Users. Cambridge, Cambridge University Press, 2006. 302 p.
- 15 Dragilev A.I., Khromenkov V.M., Chernov M.E. Technological equipment: bakery, macaroni and confectionery. St. Petersburg, Lan', 2016. 430 p. (in Russian).
- 16 Dragilev A.I., Rub M.D. Problem book on confectionery technological equipment calculation. Moscow, DeLi print, 2005. 244 p. (in Russian).
- 17 Salov V.S., Nazarenko S.V. Boiling point and viscosity of sugar solutions. News institutes of higher Education. Food technology. 1999. no. 2–3. pp. 69–71. (in Russian).

Сведения об авторах

Анатолий А. Хвостов д.т.н., профессор, кафедра 206 математики, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул Старых Большевиков, 54 А, г. Воронеж, 394064, Россия, khvtol1974@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3836-9407>

Алексей А. Журавлев к.т.н., доцент, кафедра 206 математики, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул Старых Большевиков, 54 А, г. Воронеж, 394064, Россия, zhuraal@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2194-767X>

Елена А. Шипилова к.т.н., доцент, кафедра 206 математики, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул Старых Большевиков, 54 А, г. Воронеж, 394064, Россия, elen_ship@list.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1050-036X>

Рита С. Сумина к.ф.-м.н., доцент, кафедра 206 математики, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул Старых Большевиков, 54 А, г. Воронеж, 394064, Россия, rsumina@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3606-4762>

Газибег О. Магомедов 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, mmg@inbox.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7201-8387>

Игорь А. Хаустов д.т.н., профессор, кафедра информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, haustov_ia@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8897-5763>

Вклад авторов

Анатолий А. Хвостов, Газибег О. Магомедов, Игорь А. Хаустов консультация в ходе исследования

Алексей А. Журавлев обзор литературных источников по исследуемой проблеме, выполнил расчёты

Елена А. Шипилова выполнила расчёты

Рита С. Сумина написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Anatoly A. Khvostov Dr. Sci. (Engin.), professor, mathematics department 206, Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy», Staryh Bolshevikov street, 54 A Voronezh, 394064, Russia, khvtol1974@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3836-9407>

Alexei A. Zhuravlev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, mathematics department 206, Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy», Staryh Bolshevikov street, 54 A Voronezh, 394064, Russia, zhuraal@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2194-767X>

Elena A. Shipilova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, mathematics department 206, Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy», Staryh Bolshevikov street, 54 A Voronezh, 394064, Russia, elen_ship@list.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1050-036X>

Rita S. Sumina Cand. Sci. (Phis.-math.), associate professor, mathematics department 206, Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy», Staryh Bolshevikov street, 54 A Voronezh, 394064, Russia, rsumina@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3606-4762>

Gazibeg O. Magomedov Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery, confectionery, pasta and grain processing technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mmg@inbox.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7201-8387>

Igor A. Khaustov Dr. Sci. (Engin.), professor, information and control systems department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, haustov_ia@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8897-5763>

Contribution

Anatoly A. Khvostov, Gazibeg O. Magomedov, Igor A. Khaustov consultation during the study

Alexei A. Zhuravlev review of the literature on an investigated problem, performed computations

Elena A. Shipilova performed computations

Rita S. Sumina wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 12/08/2019	После редакции 20/08/2019	Принята в печать 30/08/2019
Received 12/08/2019	Accepted in revised 20/08/2019	Accepted 30/08/2019

Термодинамика неизотермической диффузии при экстрагировании из люпина подсырной сывороткой

Юлиан И. Шишацкий¹Александр С. Белозерцев¹Алексей М. Барбашин¹Сергей А. Никель¹alex_bel77@mail.rualeksej-barbashin@ya.rusergei.nickel@yandex.ru

ID 0000-0002-7391-0254

ID 0000-0003-0995-3396

ID 0000-0001-9043-9452

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

Аннотация. Во многих случаях экстрагированию сопутствуют тепловые явления. Нами установлена возможность интенсификации процесса за счет использования нагретой подсырной сыворотки. Люпин различной геометрической формы (сфера, цилиндр, пластина) загружался в экстрактор, заполненный подсырной сывороткой. Вследствие разности температур твердого тела и жидкости возникал температурный градиент. По мере прогрева тела градиент температуры уменьшался, а затем исчезал. Температурный градиент будет сохраняться, если в аппарате непрерывного действия, например, организован ступенчатый температурный режим. Однако такой режим должен быть технологически и энергетически обоснован. Таким образом, при экстрагировании имеет место период температурной нестационарности. Возникновение этого периода отмечается в ряде работ. Записано выражение для прироста энтропии в единицу времени. С учетом изменения энтропии записано уравнение Гиббса. Основой уравнений является второй закон термодинамики, а сами уравнения – основой для выбора потоков и термодинамических сил. Из приведенных уравнений заключается, что произведение скорости на абсолютную температуру равно сумме произведений потоков на соответствующие термодинамические движущие силы. Записаны уравнения переноса энергии (теплоты) и массы вещества. Обе термодинамические силы вносят вклад в образование потока теплоты и потока массы вещества. Поток массы вещества зависит не только от градиента потенциала (диффузия), но и от градиента температур (термодиффузия). Поток теплоты определяется как градиентом температуры, так и градиентом химического потенциала (диффузия). Дифференциальные уравнения тепло- и массопереноса Лыкова переписаны с учетом процесса экстрагирования. С численными значениями коэффициентов D_T и a_c связана оценка влияния эффектов наложения (термодиффузия и диффузионная теплопроводность). Эффектом наложения можно пренебречь, поскольку сравнительно малы градиенты температур и концентраций, возникающих в люпине. Отмечается, что возможность упрощения дифференциальных уравнений связана с малыми значениями критерия Лыкова. Из этого следует, что концентрационное поле более инерционно, чем температурное, а в период температурной нестационарности составляет малую часть от всего периода экстрагирования.

Ключевые слова: люпин, подсырная сыворотка, потоки теплоты, потоки массы, термодинамические силы

Thermodynamics of non-isothermal diffusion at the extraction from cheese whey by Lupin

Yulian I. Shishackij¹Aleksandr S. Belozercev¹Alexey M. Barbashin¹Sergey A. Nikel¹alex_bel77@mail.rualeksej-barbashin@ya.rusergei.nickel@yandex.ru

ID 0000-0002-7391-0254

ID 0000-0003-0995-3396

ID 0000-0001-9043-9452

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. In many cases, extraction is accompanied by thermal phenomena. We have established the possibility of intensifying the process through the use of heated cheese whey. Lupine has a geometric shape (sphere, cylinder, plate) loaded into an extractor filled with cheese whey. Due to the temperature difference between the solid and the liquid, temperature gradients are observed. As the body warms up, the temperature gradient decreases and then disappears. For example, an organized step temperature mode. However, such a regime should be technologically and energetically justified. Thus, during extraction there is a periodic non-stationarity. The emergence of this period is noted in the main works. The expression for the increase in entropy per unit time is written. Given the changes in entropy, the Gibbs equation is written. The basics of equations are the second laws of thermodynamics. As a result, the results obtained as a result of thermodynamic driving forces were obtained. The equations of energy (heat) and mass transfer of substances are written. Thermodynamic forces contribute to the formation of heat flux and mass flow of substances. The consumption of a substance depends not only on the gradient (diffusion), but also on the temperature gradient (thermal diffusion). Air temperature is defined as a temperature gradient. The differential equations of heat and mass transfer of Lykov were rewritten taking into account the extraction process. The numerical values of the coefficients D_T and a_c they relate to the assessment of the effect of superposition effects (thermal diffusion and diffusion thermal conductivity). The overlay effect can be neglected, since the relatively small gradients of temperatures and concentrations arising in the lupine. It is noted that the possibility of simplified differential equations is associated with small values of the Lykov criterion. Because of this, there should be little.

Keywords: lupine, cheese whey, heat flows, mass flows, thermodynamic energy

Для цитирования

Шишацкий Ю.И., Белозерцев А.С., Барбашин А.М., Никель С.А. Термодинамика неизотермической диффузии при экстрагировании из люпина подсырной сывороткой // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 39–42. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-39-42

For citation

Shishackij Yu.I., Belozercev A.S., Barbashin A.M., Nikel S.A. Thermodynamics of non-isothermal diffusion at the extraction from cheese whey by Lupin. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 39–42. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-39-42

Введение

В большинстве случаев экстрагированию сопутствуют тепловые явления. Нами установлено, что интенсификация процесса достигается, в частности, применением в качестве экстрагента нагретой до 50–60 °С подсырной сыворотки. При загрузке в экстрактор люпина, измельченного в различные геометрические формы (сферу, цилиндр или неограниченную пластину), и введении подсырной сыворотки с постоянной и более высокой температурой очевидно возникновение температурного градиента. По мере прогревания тела градиент температуры уменьшается, а затем исчезает. Температурный перепад будет возникать, если, например, в аппарате непрерывного действия организован ступенчатый температурный режим. Последний должен быть технологически и энергетически целесообразен [7–11].

При заполнении жидкостью капилляров люпина твердые частицы целевых компонентов быстро растворяются. Не исключено однако, что при диффузионном извлечении компонентов некоторые из них окажутся на поверхности тела в виде твердой фазы. Тогда на поверхности растворения поглощается теплота растворения. Из изложенного следует, что при экстрагировании имеет место период температурной нестационарности. Возникновение этого периода отмечается, в частности, в работах [1] и [2].

Обсуждение

По Онзагеру выражение для периода прироста энтропии в единицу времени (возникновение энтропии) запишется так [3, 12]:

$$\frac{ds}{d} = \sum_i j_i X_i, \quad (1)$$

где s – энтропия; j – поток массы вещества; X – термодинамическая движущая сила.

С учетом изменения энтропии уравнение Гиббса имеет вид [4]:

$$T \frac{ds}{d\tau} = dU + pdV - \sum_{i=1}^n \mu dM, \quad (2)$$

где T – абсолютная температура; U – внутренняя энергия; M – масса вещества; p – давление; V – объем; μ – химический потенциал.

Основой уравнений (1) и (2) является второй закон термодинамики, а сами уравнения – основа для выбора потоков и термодинамических сил. Опуская некоторые преобразования, запишем:

$$T \frac{ds}{d} = \sum_i j_i X_i.$$

Таким образом, произведение скорости возникновения энтропии на абсолютную температуру равно сумме произведений потоков на соответствующие движущие силы.

В соответствии с принципами термодинамики неравновесных состояний и записанным определением термодинамические силы переноса энергии (теплоты) X_U и массы вещества X_M по Лыкову равны:

$$X_U = -\frac{1}{T} \nabla T; X_M = -T \nabla \left(\frac{\mu}{T} \right),$$

где ∇ – символ, заменяющий $grad$.

Тогда плотность потока теплоты и плотность потока вещества определяется принципом линейности Онзагера [3]:

$$j_U = -\frac{L_{11}}{T} \nabla T - L_{12} T \nabla \left(\frac{\mu}{T} \right); \quad (3)$$

$$j_M = -\frac{L_{21}}{T} \nabla T - L_{22} T \nabla \left(\frac{\mu}{T} \right). \quad (4)$$

Из уравнений (3) и (4) следует, что обе термодинамические силы вносят вклад в образование потока теплоты и массы вещества. Поток массы вещества зависит не только от градиента потенциала μ (диффузия), но и от градиента температур (термодиффузия). Поток теплоты определяется как градиентом температуры (теплопроводность), так и градиентом химического потенциала (диффузия).

В соответствии с соотношением взаимности (принцип симметрии кинетических коэффициентов) запишем:

$$L_{12} = L_{21}.$$

А.В. Лыков записал дифференциальные уравнения тепло- и массопереноса в растворах:

$$\begin{cases} \frac{dt}{d\tau} = \alpha_p \nabla^2 t + \sigma D k_1 \nabla^2 \rho_{10} \\ \frac{d\rho_{10}}{d\tau} = D \nabla^2 \rho_{10} + \sigma D \nabla^2 t \end{cases}, \quad (5)$$

где $\sigma = D_T/D$ (коэффициент Соре); D_T – коэффициент термодинамики; k_1 – коэффициент, определяющий связь между температурой, химическим потенциалом растворенного вещества и плотностью раствора; D – коэффициент диффузии.

Система уравнений (5) применительно к процессу экстрагирования имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{dT}{d\tau} = a \nabla^2 T + a_C \nabla^2 C \\ \frac{dC}{d\tau} = D \nabla^2 C + D_T \nabla^2 T \end{cases},$$

где a – коэффициент температуропроводности; a_C – коэффициент, определяемый соотношением [5]:

$$a_C = \frac{D_T T}{c_p C_2} \left(\frac{\partial \mu}{\partial C} \right)_{p,T},$$

где c_p – теплоемкость раствора; C_2 – концентрация растворителя.

С численными значениями коэффициентов D_T и a_C связана оценка влияния эффектов наложения (термодиффузия и диффузионная теплопроводность). По А.В. Лыкову, в растворах D_T в 10^3 – 10^5 раз меньше D . Обработка экспериментальных данных по экстрагированию из люпина подсырной сывороткой с целью получения молочно-растительного экстракта наложением низкочастотных механических колебаний позволила получить значение коэффициента диффузии $D = 3,2 \cdot 10^{-11}$ м²/с. Эффектами наложения можно пренебречь, поскольку сравнительно малы градиенты температур и концентраций, возникающих в люпине как в капиллярно-пористом теле [6].

Тогда систему дифференциальных уравнений можно упростить:

$$\begin{cases} \frac{dT}{d\tau} = a \nabla^2 T \\ \frac{dC}{d\tau} = D(T) \nabla^2 C \end{cases} \quad (6)$$

Трудности решения системы (6) обусловлены зависимостью коэффициента диффузии от температуры $D(T)$. В [5] отмечается, что возможность дальнейшего упрощения связана с малыми значениями критерия Лыкова:

$$Lu = D/a.$$

Критерий в условиях экстрагирования имеет значения 10^{-2} ... 10^{-3} . Из этого следует, что концентрационное поле более инерционно, чем температурное, а в период температурной нестационарности составляет малую часть от всего периода экстрагирования.

Заключение

Продолжительность периода зависит: от величины разности температур системы «твердое тело-жидкость»; от поверхности контакта фаз; строения пористого тела; свойств экстрагента; интенсивности экстрагирования и др. Однако понимание термодинамической сущности температурной нестационарности весьма важно.

Литература

- 1 Романков П.Г., Фролов В.Ф. Массообменные процессы химической технологии (системы с дисперсной твердой фазой). Л.: Химия, 1990. 384 с.
- 2 Рудобашта С.П. Массоперенос в системах с твердой фазой. М.: Химия, 1980. 248 с.
- 3 Лыков А.В., Михайлов Ю.А. Теория тепло- и массопереноса. М.: Государственное энергетическое издательство, 1963. 535 с.
- 4 Попова Н.В., Потороко И.Ю. Повышение эффективности экстракции биологически активных веществ из растительного сырья методом ультразвукового воздействия // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2018. Т. 6. № 1. С. 14–22. doi: 10.14529/food180102
- 5 Аксельруд Г.А., Лысянский В.М. Экстрагирование (система твердое тело-жидкость). Л.: Химия, 1974. 256 с.
- 6 Шишацкий Ю.И., Барбашин А.М., Никель С.А. Разработка математической модели экстрагирования из люпина подсырной сывороткой наложением низкочастотных механических колебаний // Вестник ВГУИТ. 2019. №1. С. 36–41.
- 7 Wirunsawanya K., Upala S., Jaruvongvanich V., Sanguaneko A. Whey Protein Supplementation Improves Body Composition and Cardiovascular Risk Factors in Overweight and Obese Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis // Journal of the American College of Nutrition. 2018. V. 37. № 1. P. 60–70.
- 8 Palanisamy M., Töpfl S., Berger R.G., Hertel C. Physico-chemical and nutritional properties of meat analogues based on Spirulina/lupin protein mixtures // European Food Research and Technology. 2019. P. 1–10.
- 9 Eibl I., von der Haar D., Jesdinszki M., Stäbler A. et al. Adhesive based on micellar lupin protein isolate exhibiting oxygen barrier properties // Journal of Applied Polymer Science. 2018. V. 135. № 25. P. 46383.
- 10 Burgos-Díaz C., Wandersleben T., Olivos M., Lichtin N. et al. Food-grade Pickering stabilizers obtained from a protein-rich lupin cultivar (AluProt-CGNA®): Chemical characterization and emulsifying properties // Food hydrocolloids, 2019. V. 87. P. 847–857.
- 11 Zhu Y., Wang Z., Zhang L. Optimization of lactic acid fermentation conditions for fermented tofu whey beverage with high-isoflavone aglycones // LWT. 2019. V. 111. P. 211–217.
- 12 Shah Z., Islam S., Ayaz H., Khan S. Radiative heat and mass transfer analysis of micropolar nanofluid flow of Casson fluid between two rotating parallel plates with effects of Hall current // Journal of Heat Transfer. 2019. V. 141. №. 2. P. 022401.

References

- 1 Romankov P.G., Frolov V.F. Mass transfer processes of chemical technology (dispersed solid phase systems). L., Khimiya, 1990. 338 p. (in Russian).
- 2 Rudobashta S.P. Mass transfer in solid phase systems. Moscow, Khimiya, 1980. 248 p. (in Russian).
- 3 Lykov A.V., Mikhailov Yu.A. Theory of heat and mass transfer. Moscow, State Energy Publishing House, 1963. 535 p. (in Russian).
- 4 Popova N.V., Potoroko I.Yu. Improving the efficiency of extraction of biologically active substances from plant materials by ultrasonic treatment. Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnologies. 2018.vol. 6. no. 1. pp. 14–22. doi: 10.14529 / food180102 (in Russian).
- 5 Axelrud G.A., Lysyansky V.M. Extraction (solid-liquid system). L., Khimiya, 1974. 256 p. (in Russian).
- 6 Shishatsky Yu.I., Barbashin A.M., Nickel S.A. Development of a mathematical model for extraction from lupine with cheese whey by applying low-frequency mechanical vibrations. Proceedings of VSUET. 2019. no. 1. pp. 36–41. (in Russian).

- 7 Wirunsawanya K., Upala S., Jaruvongvanich V., Sanguankeo A. Whey Protein Supplementation Improves Body Composition and Cardiovascular Risk Factors in Overweight and Obese Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American College of Nutrition*. 2018. vol. 37. no. 1. pp. 60–70.
- 8 Palanisamy M., Töpfl S., Berger R.G., Hertel C. Physico-chemical and nutritional properties of meat analogues based on Spirulina/lupin protein mixtures. *European Food Research and Technology*. 2019. pp. 1–10.
- 9 Eibl I., von der Haar D., Jesdinszki M., Stäbler A. et al. Adhesive based on micellar lupin protein isolate exhibiting oxygen barrier properties. *Journal of Applied Polymer Science*. 2018. vol. 135. no. 25. pp. 46383.
- 10 Burgos-Díaz C., Wandersleben T., Olivos M., Lichtin N. et al. Food-grade Pickering stabilizers obtained from a protein-rich lupin cultivar (AluProt-CGNA®): Chemical characterization and emulsifying properties. *Food hydrocolloids*, 2019. vol. 87. pp. 847–857.
- 11 Zhu Y., Wang Z., Zhang L. Optimization of lactic acid fermentation conditions for fermented tofu whey beverage with high-isoflavone aglycones. *LWT*. 2019. vol. 111. pp. 211–217.
- 12 Shah Z., Islam S., Ayaz H., Khan S. Radiative heat and mass transfer analysis of micropolar nanofluid flow of Casson fluid between two rotating parallel plates with effects of Hall current. *Journal of Heat Transfer*. 2019. vol. 141. no. 2. pp. 022401

Сведения об авторах

Юлиан И. Шишаккий д.т.н., профессор, кафедра физики, теплотехники и теплоэнергетики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Александр С. Белозерцев к.т.н., доцент, кафедра физики, теплотехники и теплоэнергетики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, alex_bel77@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7391-0254>

Алексей М. Барбашин к.т.н., кафедра физики, теплотехники и теплоэнергетики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, aleksey-barbashin@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0995-3396>

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, sergei.nickel@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9043-9452>

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Yulian I. Shishackij Dr. Sci. (Engin.), professor, physics, heat engineering and heat power engineering department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Aleksandr S. Belozercev Cand. Sci. (Engin.), professor, physics, heat engineering and heat power engineering department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, alex_bel77@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7391-0254>

Alexey M. Barbashin Cand. Sci. (Engin.), physics, heat engineering and heat power engineering department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, aleksey-barbashin@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0995-3396>

Sergey A. Nikel Cand. Sci. (Engin.), physics, heat engineering and heat power engineering department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, sergei.nickel@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9043-9452>

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 12/08/2019	После редакции 20/08/2019	Принята в печать 29/08/2019
Received 12/08/2019	Accepted in revised 20/08/2019	Accepted 29/08/2019

Пищевая биотехнология

Food biotechnology

DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-3-43-49>

Оригинальная статья/Research article

УДК 637.07

Open Access

Available online at vestnik-vsuet.ru**Формирование потребительской ценности творога
продолжительного срока годности при использовании муки
из семян расторопши пятнистой**Роза Т. Тимакова¹ trt64@mail.ru  0000-0002-4777-1465¹ Уральский государственный экономический университет, ул. 8 Марта/Народной воли, 62/45, г. Екатеринбург, 620144, Россия

Аннотация. Стратегия повышения качества пищевой продукции РФ до 2030 г. определяет тренд на улучшение пищевого рациона населения страны за счет производства обогащенных ценными пищевыми добавками новых видов пищевой продукции. По результатам комплексного исследования установлено, что добавление муки из семян расторопши в творог мягкий (1,0–2,5 %) позволяет получить продукт высокой потребительской ценности. Мука из семян расторопши пятнистой, как источник флаволигнанов, способствует повышению пищевой ценности творога мягкого негерметично упакованного 5% жирности с увеличением содержания белков на 0,11–0,24%, жиров – на 0,06–0,12%, углеводов – на 0,13–0,28% и силимарина – до 3,39–7,26 мг/100 г продукта и продлению сроков годности до 8 сут. Кислотность и микробиологические показатели соответствуют установленному уровню. Обогащенный творог мягкий с содержанием муки из семян расторопши 1,0 и 2,5 %, соединяющий компоненты животные (творог как источник белка и полезной микрофлоры) и растительные (мука из семян расторопши как источник силимарина), представляет собой целостную пищевую биосистему, которая соответствует требованиям безопасности согласно ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» и обеспечивает улучшенные потребительские свойства пищевого продукта для различных категорий населения страны (здоровых людей и находящихся в группе риска) и разного возраста, в то же время не относится к продуктам специализированного назначения.

Ключевые слова: творог мягкий, мука из семян расторопши, обогащенный продукт, флаволигнаны, силимарин, срок годности

**Formation of consumer value of cottage cheese prolonged shelf life
when using flour from milk Thistle seeds spotted**Roza T. Timakova¹ trt64@mail.ru  0000-0002-4777-1465¹ Ural State Economic University, St. 8-e Marta/Narodnoy voli, 62/45, Ekaterinburg, 620144, Russia

Abstract. The strategy for improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030 determines the trend towards improving the diet of the country's population through the production of new types of food products enriched with valuable food additives. According to the results of a comprehensive study, the addition of flour from milk thistle seeds to soft curd (1.0–2.5 %) makes it possible to obtain a product of high consumer value. Flour from the seeds of milk thistle, as a source of flavolignans, helps to increase the nutritional value of cottage cheese soft unpressurized Packed 5% fat with an increase in protein content by 0.11–0.24%, fat by 0.06–0.12%, carbohydrates – by 0.13–0.28% and silymarin – up to 3.39–7.26 mg/100 g of product and prolongation of shelf life up to 8 days. Acidity and microbiological indicators correspond to the established level. Enriched cottage cheese is soft with a mass fraction of flour from milk thistle seeds of 1.0 and 2.5%, combining animal components (cottage cheese as a source of protein and beneficial microflora) and vegetable (flour from milk thistle seeds as a source of silymarin), is an integral food biosystem that complies with safety requirements in accordance with TR TS 033/2013 “On the safety of milk and dairy products” and provides improved consumer properties of a food product for various categories of the country's population (healthy people and those in the rice group) and of different ages, at the same time does not apply to specialized products.

Keywords: soft cottage cheese, milk Thistle seed flour, enriched product, flavolignans, silymarin, shelf life

Введение

Согласно «Стратегии повышения качества пищевой продукции Российской Федерации до 2030 года» «...для производства пищевой продукции нового поколения с заданными характеристиками качества, в том числе специализированных, функциональных и обогащенных» и продвижения принципов здорового питания необходимо «актуализировать систему выпуска в

обращение пищевых добавок, ароматизаторов, технологических вспомогательных средств, технологических микроорганизмов для использования в пищевой промышленности». При этом инновации в пищевой промышленности по ГОСТ Р 56261–2014 «Инновационный менеджмент. Инновации. Основные положения» определяются «как улучшение существующей или создание совершенно новой продукции...».

Для цитирования

Тимакова Р.Т. Формирование потребительской ценности творога продолжительного срока годности при использовании муки из семян расторопши пятнистой // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 43–49. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-43-49

For citation

Timakova R.T. Formation of consumer value of cottage cheese prolonged shelf life when using flour from milk Thistle seeds spotted. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 43–49. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-43-49

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

В условиях урбанизации населения структура пищевого рациона претерпевает существенные изменения и усиление дисбаланса макро- и микронутриентов рациона, включая и естественные биологически активные вещества. Одним из важнейших компонентов адаптационного потенциала человека является система антиоксидантной защиты, которая находится в прямой зависимости от внешних факторов и, в первую очередь, от фактора питания [1].

Оптимизация пищевого рациона населения обеспечивается применением биологически активных добавок и производством обогащенных пищевых продуктов для разных категорий населения страны (здоровых и людей из групп риска) согласно требованиям ГОСТ Р 52349–2005 «Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения», получаемых при добавлении минорных и биологически активных веществ с установленными функциональными свойствами для поддержания здоровья человека.

С развитием биотехнологий и пищевой инженерии в нашей стране активно формируется сегмент товарного рынка пищевой продукции, представленный кисломолочными биопродуктами и хлебобулочными изделиями, обогащенными пробиотиками, пребиотиками, синбиотиками и разными видами пищевых добавок для улучшения функциональных свойств и повышения пищевой ценности, которые относятся к продуктам массового потребления [2, 3].

Немаловажной задачей в сфере производства и реализации пищевых продуктов является продление сроков годности. Продолжительность сохранения пищевых продуктов определяется происходящими изменениями белков, углеводов и липидов под воздействием как факторов внешней среды, так и за счет происходящих в пищевых продуктах биохимических процессов и ферментативной системой в них. Образование первичных (перекиси, гидроперекиси) и вторичных (альдегиды, кетоны) продуктов распада липидов приводит к изменению органолептических и физико-химических показателей пищевых продуктов.

Для замедления окислительных процессов в пищевых продуктах наиболее перспективным способом является добавление антиоксидантов растительного происхождения [4–6]. К перспективным антиоксидантам можно отнести расторопшу пятнистую, богатую фенольными соединениями и рекомендуемую Институтом питания РАМН в качестве профилактического средства для регионов с неблагоприятной экологической обстановкой.

Семена (плоды) расторопши содержат флаволигнаны – флавоноиды с фенилпропаноидным фрагментом ($-C_6-C_3-$), где основными

компонентами являются силибин, силидианин и силикристин, совокупность которых имеет самостоятельное название силимарин (англ. Silymarin). Важнейшим компонентом силимарина является силибин, обладающий высокой биологической активностью и биодоступностью за счет фенольной структуры молекулы силибина. Антиоксидантный эффект силимарина обусловлен его взаимодействием со свободными радикалами и превращением их в менее агрессивные соединения, тем самым прерывая процесс перекисного окисления. Благодаря этому расторопша пятнистая наиболее широко известна своим гепатопротекторным действием. Общеизвестны ценные лекарственные свойства расторопши: как противораковое, антисклеротическое и антидиабетическое [7, 8].

Согласно Методическим рекомендациям МР 2.3.1.2432–08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» регулярное потребление флавоноидов приводит к снижению риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, регулируется активность ферментов метаболизма ксенобиотиков, установлена высокая биологическая ценность, обусловленная их антиоксидантными свойствами.

Содержание флаволигнанов в плодах расторопши пятнистой составляет до 4% в зависимости от разновидности и места ее произрастания. Важным видом биологически активных соединений является жирное масло, содержание которого достигает 20–30% с высоким содержанием линолевой (до 56,67%) и олеиновой (до 20,73%) жирных кислот [9]. Расторопша богата как макро- (калий, магний, кальций), так и микроэлементами (марганец, йод, хром, цинк), витаминами группы А.

Комплексное использование плодов расторопши пятнистой позволяет получать масло, экстракт расторопши (галеновые препараты, содержащие флаволигнаны), шрот и жом плодов. Отмечается ценность муки из семян расторопши холодного отжима в функциональных продуктах питания [10]. Экстракты расторопши получают путем ультразвуковой обработки сырья [11], СВЧ-обработки [12], применения технологии распылительной сушки частиц [13] для дальнейшего использования в косметической промышленности [14]. Шрот расторопши применяется в рационе сельскохозяйственных животных для повышения молочной и мясной продуктивности [15,16]. Исследованиями [17,18] доказаны высокие антиоксидантные свойства расторопши пятнистой.

Установлено, что натуральный силимарин-экстракт и препараты расторопши обладают более высокой антиоксидантной активностью

по сравнению с модельной смесью чистых флавоноидов / флавонолигнанов, имитирующих силимариновую композицию [19]. Пищевые добавки на основе трав становятся популярными. Однако надо учитывать, что биологически активные добавки на основе расторопши разных производителей отличаются содержанием силимарина (например, представленные на рынках США и Чехии), а значит и своей антиоксидантной ценностью [20].

Эффективность применения продуктов переработки расторопши пятнистой апробирована при производстве мясных, макаронных, кондитерских и хлебобулочных изделий, йогуртов и сыров [21–26]. Установлено повышение потребительских свойств за счет обогащения незаменимыми жирными кислотами, витаминами, минеральными веществами и увеличения содержания основных нутриентов.

В настоящее время в промышленном производстве пищевых продуктов для обогащения пищевыми добавками выбираются кисломолочные и творожные изделия как источник ценного животного белка и полезной микрофлоры с учетом возможности пролонгации сроков годности. В качестве пищевых добавок предлагаются в основном фруктово-ягодные наполнители, присутствие других (например, злаковых) наполнителей недостаточно.

Цель эксперимента заключается в исследовании пищевой ценности и возможности продления сроков годности творога мягкого негерметично упакованного при добавлении муки из плодов расторопши при соблюдении требований ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции».

Материалы и методы

К объектам исследования относятся негерметично упакованные образцы творога мягкого 5%-ной жирности без добавления муки семян расторопши и с добавлением муки семян расторопши (производитель ООО «Эркон»). Сформированы 4 группы образцов по 10 образцов в каждой:

- 1-я группа (контрольная) – творог мягкий 5%-ной жирности;
- 2-я группа (опытная) – творог мягкий 5%-ной жирности с содержанием муки из семян расторопши 1,0%;
- 3-я группа (опытная) – творог мягкий 5%-ной жирности с содержанием муки из семян расторопши 2,5%;
- 4-я группа (опытная) – творог мягкий 5%-ной жирности с содержанием муки из семян расторопши 5,0%.

Методика исследования. Мука из семян расторопши, которая соответствует требованиям Технического регламента ТР ТС 029/2012

«Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств», добавлялась в количестве 1,0, 2,5, и 5,0 г в расчете на 100 г творога мягкого на этапе растирания для создания однородной гомогенизированной смеси.

Использование муки из семян расторопши в качестве пищевой добавки и как антиоксиданта липидов молочного жира в пищевой промышленности регламентировано требованиями СанПин 2.3.2.1078–01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов»; СанПиН 2.3.2.1293–03 «Гигиенические требования по применению пищевых добавок»; ГОСТ Р 52499–2005 «Добавки пищевые. Термины и определения» и ГОСТ Р 56202–2014 «Продукция пищевая специализированная. Биологически активные добавки к пище. Требования к производству в соответствии с принципами надлежащей производственной практики» для обогащения рациона населения силимарином и увеличения сроков хранения.

Добавка муки из плодов расторопши для обогащения творога в количестве до 5,0 г на 100 г творога безопасна для человека, так как не превышает адекватный и верхний допустимый уровень потребления флавоноидов, содержащихся в расторопше пятнистой, согласно МР 2.3.1.1915–04 «Рациональное питание. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ» и МР 2.3.1.2432–08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации».

Органолептические и микробиологические показатели оценивали на периоде хранения через 5; 7, 8 и 10 сут согласно МУК 4.2.1847–04 «Методы контроля. Биологические, микробиологические факторы. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Методические указания». Кислотность как показатель свежести определяли потенциометрическим методом согласно ГОСТ 3624–92 «Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности», силимарин – хроматографическим методом.

Результаты и обсуждение

На первом этапе исследовали органолептические показатели идентификации творога мягкого. Все образцы соответствовали требованиям ГОСТ 31453–2013 «Творог. Технические условия» и ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» (таблица 1).

Таблица 1.

Органолептическая оценка творога мягкого

Table 1.

Organoleptic evaluation of soft cottage cheese

Показатели indicator	1-я группа 1 group	2-я группа 2 group	3-я группа 3 group	4-я группа 4 group
Консистенция и внешний вид Consistency and appearance	Мягкая, мажущая, однородная Soft, smearing, uniform	Мягкая, мажущая, однородная Soft, smearing, uniform	Мягкая, мажущая, однородная, с наличием единичных частичек муки расторопши Soft, smearing, homogeneous, with the presence of single particles of milk Thistle flour	Мягкая, мажущая, однородная, с наличием частичек муки расторопши Soft, smearing, homogeneous, with the presence of particles of milk Thistle flour
Вкус и запах Taste and smell	Чистый, кисломолочный, без постороннего привкуса и запаха Pure, fermented milk, without foreign taste and smell	Чистый, кисломолочный, без постороннего привкуса и запаха Pure, fermented milk, without foreign taste and smell	Чистый, кисломолочный, без постороннего привкуса и запаха, незначительное послевкусие мучности Pure, fermented milk, without foreign taste and smell, slight aftertaste of mealy	Чистый, без постороннего запаха, послевкусие мучности Clean, without foreign smell, aftertaste of munisteri
Цвет Color	Белый White	Белый, с легким кремовым оттенком White, with a slight cream tint	Светло-кремовый Light cream	Кремовый Cream

При хранении свыше 5 сут в образцах 1-й группы появился кислый запах и вкус прогорклости, консистенция стала тягучей, цвет сероватый, качество неудовлетворительное. В опытных образцах творога мягкого с добавлением муки из семян расторопши 2-й, 3-й и 4-й опытных групп при хранении до 8 сут не установлено изменение органолептических показателей, опытные образцы творога мягкого 2-й, 3-й и 4-й групп отвечают требованиям технического регламента ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции». При хранении до 10 сут в опытных образцах отмечается появление кисловатого запаха и вкуса, качество неудовлетворительное.

На следующем этапе проводили исследование химического состава (таблица 2). В опытных образцах творога мягкого установлено увеличение содержания белков: во 2-й группе на 0,11% по сравнению с образцами 1-й (контрольной) группы, в 3-й группе – на 0,24%, в 4-й группе – на 0,48%. Сопоставимые результаты получены по изменению содержания жира: увеличение на 0,06; 0,12 и 0,24% по сравнению с образцами 1-й (контрольной) группы и по содержанию углеводов: увеличение на 0,13; 0,28 и 0,43% по сравнению с образцами 1-й (контрольной) группы ($p \leq 0,05$).

Опытным путем установлено увеличение содержания силимарина соответственно увеличению количества добавленной муки из семян расторопши. Содержание силимарина во 2-й опытной группе образцов мягкого творога составило $(3,39 \pm 0,02)$ мг, в 3-й и 4-й – $(7,26 \pm 0,03)$ мг и $(13,31 \pm 0,05)$ мг / 100г соответственно ($p \leq 0,05$).

Таблица 2.

Химический состав, % ($p \leq 0,05$)

Table 2.

Chemical composition, % ($p \leq 0,05$)

Показатели Indicator	Группа Group			
	1	2	3	4
Белок Protein	8,51±0,02	8,62±0,01	8,75±0,01	8,99±0,03
Жир Fat	5,02± 0,01	5,08±0,02	5,14±0,02	5,26±0,04
Углеводы Carbohydrates	4,03±0,01	4,16±0,03	4,31±0,03	4,46±0,04

Кислотность в опытных образцах творога мягкого образцов 2-й опытной группы за счет применения муки из семян расторопши соответствует допустимому уровню при хранении до 8 сут 3-й и 4-й опытных групп – до 10 сут, (рисунок 1). При хранении свыше 5 сут контрольных образцов творога мягкого без добавления муки из семян расторопши кислотность превышает допустимый уровень и составляет при хранении до 7 сут $(225,0 \pm 1,1)$ °Т, при хранении до 8 и 10 сут – $(240 \pm 1,5)$ °Т и $(251 \pm 1,3)$ °Т соответственно с высокой степенью корреляции 0,93–0,96 ($p \leq 0,05$).

Микробиологические показатели для опытных образцов мягкого творога в процессе хранения до 10 сут соответствуют требованиям ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», микрофлора характерна для молочной закваски, отсутствуют клетки посторонней микрофлоры. В контрольных образцах творога мягкого через 10 сут хранения содержание КМАФАнМ превышает допустимый уровень для творога в 7,2 раза и равен $7,2 \times 10^6$ КОЕ/г.

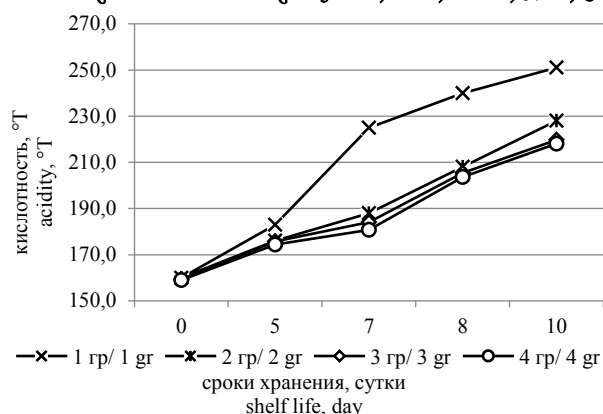


Рисунок 1. Кислотность образцов мягкого творога в процессе хранения, °T

Figure 1. The acidity of samples of soft cheese during storage, °T

В результате проведенных исследований установлено, что при внесении в творог мягкий муки из семян рапсострши в количестве 1,0 г и 2,5 г на 100 г творога обеспечиваются высокие органолептические показатели, при внесении муки из семян рапсострши в количестве 5,0 г наблюдается появление крупинчатости и неоднородной консистенции творожного продукта. За счет обогащения творога мягкого мукой из семян рапсострши происходит увеличение основных нутриентов пищевого продукта, более высокие при внесении 5,0 г муки на 100 г творога: по белкам – на 0,48%, по жирам – на 0,24% и по углеводам – на 0,43% по сравнению с контрольными образцами, что согласуется с исследованиями [27]. Содержание силимарина зависит от применяемой дозировки пищевой добавки. Так, в опытных образцах 4-й группы составляет $(13,31 \pm 0,05)$ мг / 100 г, что больше в 3,9 раза по сравнению с содержанием силимарина во 2-й опытной группе. Обогащение пищевого продукта важными нутриентами имеет важное значение для здоровья человека, что согласуется с результатами исследований [10]. Кислотность контрольных образцов на периоде хранения до 5 сут и опытных образцов всех групп на периоде хранения до 8 сут соответствует допустимому уровню. Микробиологические показатели опытных образцов при хранении до 10 сут соответствуют требованиям ТР ТС 033/2013 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции», в контрольных образцах через 10 сут хранения

содержание КМАФАнМ превышает допустимый уровень.

Таким образом, применение муки из семян рапсострши для обогащения творога мягкого негерметично упакованного ценными нутриентами за счет ее антиоксидантных свойств способствует пролонгации сроков годности до 8 сут согласно МУК 4.2.1847–04 «Методы контроля. Биологические, микробиологические факторы. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Методические указания».

Заключение

По результатам комплексной оценки качества творога мягкого с пищевой добавкой муки из семян рапсострши (органолептические, физико-химические и микробиологические показатели) обоснована целесообразность производства творога мягкого негерметично упакованного 5%-ной жирности с содержанием муки из семян рапсострши 1,0 и 2,5%, что позволит обеспечить высокие потребительские свойства (натуральность, повышенное содержание белка, обогащение силимарином) и привлекательность для массового потребителя, не являясь продуктом специализированного назначения. Данный продукт, не предназначенный в качестве продукта специализированного диабетического питания, в отличие от творожных изделий с фруктово-ягодными наполнителями можно употреблять людям, страдающим таким заболеванием, в качестве альтернативного продукта питания. При увеличении количества пищевой добавки до 5% выявлено ухудшение органолептических показателей таких как: внешний вид, консистенция и вкус. Предложенная дозировка муки (1,0 и 2,5 г на 100 г продукта) является безопасной для человека по содержанию флавоноидов, в том числе флаволигнанов (силибин, силидианин, силихристин и др.).

Разработанный обогащенный пищевой продукт с улучшенными потребительскими и функциональными свойствами – творог мягкий негерметично упакованный жирностью 5% с пищевой добавкой муки из семян рапсострши (1,0 и 2,5%) соответствует требованиям ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» и обеспечивает пролонгированные сроки годности, что является конкурентным преимуществом для расширения его присутствия на отечественном потребительском рынке.

Литература

- 1 Тутьян В.А. О нормах физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации // Вопросы питания. 2009. № 1. С. 5–14.
- 2 Федотова О.Б., Макашкин Д.В., Соколова О.В., Дунченко Н.И. Разработка и исследования пищевой и биологической ценности и потребительских свойств кисломолочного продукта с мукой, не содержащего глютен // Вопросы питания. 2019. Т. 88. № 2. С. 101–110. doi: 10.24411/0042–8833–2019–10023
- 3 Науменко Н.В., Потороко И.Ю., Калинина И.В., Малинин А.В. и др. Совершенствование технологии производства хлебоулочных изделий, полученных с использованием ингредиентов растительного происхождения. Вестник ВГУИТ. 2019. № 81(2). С. 108–113. doi:10.20914/2310–1202–2019–2–108–113

- 4 Пат. № 2683506, RU, A23B 4/00, Способ хранения охлажденной рыбы / Тимакова Р.Т., Тихонов С.Л., Тихонова Н.В., Ногина А.А. заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет». № 2018110012; Заявл. 21.03.2018; Опубл. 28.03.2019, Бюл. № 10.
- 5 Алексашина С.А., Макарова Н.В., Деменина Л.Г. Антиоксидантный потенциал плодов шиповника // Вопросы питания. 2019. Т. 88. № 3. С. 84–89. doi: 10.24411/0042–8833–2019–10033
- 6 Каленик Т.К., Ли Н.Г., Алешков А.В., Моткина Е.В. Антиоксиданты растительного генеза для мясной индустрии // Материалы IV Международного Балтийского форума. Калининград, 2016. С. 1355–1360.
- 7 Soleimani V., Delghandi P.S., Moallem S.A. et al. Safety and toxicity of silymarin, the major constituent of milk thistle extract: An updated review // *Phytotherapy research*. 2019. V. 33. № 6. P. 1627–1638. doi: 10.1002/ptr.6361
- 8 Devi K.P. Milk Thistle (*Silybum marianum*) // In book: *Nonvitamin and nonmineral nutritional supplements*. 2019. P. 321–325. doi: 10.1016/B978–0–12–812491–8.00046–1
- 9 Цаприлова С.В., Родионова Р.А. Расторопша пятнистая: химический состав, стандартизация, применение // Вестник фармации. 2008. № 3 (41). С. 92–104.
- 10 Choe U., Li Y., Gao B. et al. The chemical composition of a cold-pressed milk thistle seed flour extract, and its potential health beneficial properties // *Food & function*. 2019. V. 10. № 5. P. 2461–2470. doi: 10.1039/c9fo00377k
- 11 Zhilyakova E.T., Tsvetkova Z.E., Pisarev D.I. et al. Intensification of production process of thick extract of milk thistle fruits by ultrasonic processing of raw materials // *Pharmacy & Pharmacology-farmatsiya i farmakologiya*. 2018. V. 6. № 5. P. 475–487. doi:10.19163/2307–9266–2018–6–5–475–487
- 12 Fathi-Achachlouei B., Azadmard-Damirchi S., Zahedi Y. et al. Microwave pretreatment as a promising strategy for increment of nutraceutical content and extraction yield of oil from milk thistle seed // *Industrial crops and products*. 2019. V. 128. P. 527–533. doi:10.1016/j.indcrop.2018.11.034
- 13 Sansone F., Esposito T., Lauro M.R. et al. Application of Spray Drying Particle Engineering to a High-Functionality/Low-Solubility Milk Thistle Extract: Powders Production and Characterization // *Molecules*. 2018. V. 23. № 7. doi:10.3390/molecules23071716
- 14 Drouet S., Leclerc E.A., Garros L. et al. A Green Ultrasound-Assisted Extraction Optimization of the Natural Antioxidant and Anti-Aging Flavonolignans from Milk Thistle *Silybum marianum* (L.) Gaertn. Fruits for Cosmetic Applications // *Antioxidants*. 2019. V. 8. № 8. doi:10.3390/antiox8080304
- 15 Мацнева В.В., Доева Е.Г., Кочиева И.В. Характеристика шрота расторопши как источника ценных компонентов в питании с/х животных // *Современные наукоемкие технологии*. 2014. № 7–2. С. 90–91.
- 16 Attia Y.A., Hamed R.S., Bovera F. et al. Milk thistle seeds and rosemary leaves as rabbit growth promoters // *Animal Science papers and reports*. 2019. V. 37. № 3. P. 277–295.
- 17 Кретов И.Т., Казарцев Д.А., Журавлев А.В., Юрова И.С. Проблема переработки семян расторопши в России // *ФЭС: Финансы. Экономика*. 2010. № 6. С. 43а–46.
- 18 Куркин В.А., Сазонова О.В., Росихин Д.В., Рязанова Т.К. Жирнокислотный состав масла плодов семян расторопши пятнистой, культивируемой в Самарской области // *Химия растительного сырья*. 2017. № 3. С. 101–105.
- 19 Viktorova J., Stranska-Zachariasova M., Fenclova M. et al. Complex Evaluation of Antioxidant Capacity of Milk Thistle Dietary Supplements // *Antioxidants*. 2019. V. 8. № 8. doi:10.3390/antiox8080317.
- 20 Fenclova M., Novakova A., Viktorova J., Jonatova P. et al. Poor chemical and microbiological quality of the commercial milk thistle-based dietary supplements may account for their reported unsatisfactory and non-reproducible clinical outcomes // *Scientific Reports*. 2019. V. 9. doi:10.1038/s41598–019–47250–0.
- 21 Плотноков Е.Е., Глазова Г.В., Ашихина Л.А., Гавриленко А.П. и др. Растительные антиоксиданты в производстве мясных изделий // *Мясная индустрия*. 2010. № 7. С. 26–29.
- 22 Федорова Т.Ц., Павлова С.Н. Использование настоя расторопши в производстве мясных полуфабрикатов // *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. 2012. № 2 (3). С. 155–156.
- 23 Темираев Р.Б., Баева А.А., Витюк Л.А., Гусоева М.Т. и др. Способ повышения потребительских свойств продуктов питания при применении в их рецептуре шрота расторопши // *Устойчивое развитие горных территорий*. 2013. Т. 5. № 3. С. 101–105.
- 24 Юрова И.С., Дерканосова А.А., Борисова Ю.Н. Повышение содержания аминокислот в составе кондитерских изделий путем внесения в мучные композитные смеси расторопши // *Актуальная биотехнология*. 2012. № 2. С. 19–21.
- 25 Jandlova M., Kumbar V., Jarosova A. et al. Sensory evaluation of yoghurt with addition of baobab powder, milk thistle flour, cricket flour, chia flour // 25 th international PhD Students Conference for Undergraduate and Postgraduate Students (MendelNet). Brno: Mendel Univ Brno, Fac AgriSciences, 2018. P. 285–289.
- 26 Cardinali F., Osimani A., Taccari M. et al. Impact of thistle rennet from *Carlina acanthifolia* All. subsp *acanthifolia* on bacterial diversity and dynamics of a specialty Italian raw ewes' milk cheese // *International Journal of food microbiology*, 2017. V. 25. P. 7–16. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2017.05.018
- 27 Скрипин П.В., Крючкова В.В., Лодянов В.В. Качественные показатели творожной массы, обогащенной грецким орехом, ягодами шелковицы и шротом расторопши // *Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства*. 2012. Т. 3. № 1–1. С. 177–180.

References

- 1 Tutelyan V.A. On norms of physiological needs in energy and food substances for different groups of the population of the Russian Federation. *Nutrition issues*. 2009. no. 1. pp. 5–14. (in Russian).
- 2 Fedotova O.B., Makarkin D.V., Sokolova O.V., Dunchenko N.I. Development and research of food and biological value and consumer properties of fermented milk product with flour that does not contain gluten. *Questions of nutrition*. 2019. vol. 88. no. 2. pp. 101–110. doi: 10.24411/0042–8833–2019–10023 (in Russian).
- 3 Naumenko N.V., Potoroko I.Yu., Kalinina I.V., Malinin A.V. et al. Improvement of production technology of bakery products obtained using ingredients of plant origin. *Proceedings of VSUET*. 2019. no. 81(2). pp. 108–113. doi: 10.20914 / 2310–1202–2019–2–108–113 (in Russian).
- 4 Timakova R.T., Tikhonov S.L., Tikhonova N.V., Nogina A.A. Method of storage of chilled fish. Patent RF, no. 2683506, 2019.
- 5 Aleksashina S.A., Makarova N.V., Demenina L.G. Antioxidant potential of rosehip fruits. *Questions of nutrition*. 2019. vol. 88. no. 3. pp. 84–89. doi: 10.24411/0042–8833–2019–10033 (in Russian).

- 6 Kalenik T.K., Li N.G., Aleshkov A.V., Motkina E.V. Antioxidants of plant Genesis for meat industry. Proceedings of the IV international Baltic forum. Kaliningrad, 2016. pp. 1355–1360. (in Russian).
- 7 Soleimani V., Delghandi P.S., Moallem S.A. et al. Safety and toxicity of silymarin, the major constituent of milk thistle extract: An updated review. *Phytotherapy research*. 2019. vol. 33 no 6. pp. 1627–1638. doi: 10.1002/ptr.6361
- 8 Devi K.P. Milk Thistle (*Silybum marianum*). In book: *Nonvitamin and nonmineral nutritional supplements*. 2019. pp. 321–325. doi: 10.1016/B978-0-12-812491-8.00046-1
- 9 Tsaprilova S.V., Rodionova R.A. Thistle: chemical composition, standardization, applications. *Bulletin of pharmacy*. 2008. no. 3 (41). pp. 92–104. (in Russian).
- 10 Choe U., Li Y., Gao B. et al. The chemical composition of a cold-pressed milk thistle seed flour extract, and its potential health beneficial properties. *Food & function*. 2019. vol. 10. no 5. pp. 2461–2470. doi: 10.1039/c9fo00377k
- 11 Zhilyakova E.T., Tsvetkova Z.E., Pisarev D.I. et al. Intensification of production process of thick extract of milk thistle fruits by ultrasonic processing of raw materials. *Pharmacy & Pharmacology-farmatsiya i farmakologiya*. 2018. vol. 6 no 5. pp. 475–487. doi:10.19163/2307-9266-2018-6-5-475-487
- 12 Fathi-Achachlouei B., Azadmard-Damirchi S., Zahedi Y. et al. Microwave pretreatment as a promising strategy for increment of nutraceutical content and extraction yield of oil from milk thistle seed. *Industrial crops and products*. 2019. vol. 128. pp. 527–533. doi:10.1016/j.indcrop.2018.11.034
- 13 Sansone F., Esposito T., Lauro M.R. et al. Application of Spray Drying Particle Engineering to a High-Functionality/Low-Solubility Milk Thistle Extract: Powders Production and Characterization. *Molecules*. 2018. vol. 23. no 7. doi:10.3390/molecules23071716
- 14 Drouet S., Leclerc E.A., Garros L. et al. A Green Ultrasound-Assisted Extraction Optimization of the Natural Antioxidant and Anti-Aging Flavonolignans from Milk Thistle *Silybum marianum* (L.) Gaertn. *Fruits for Cosmetic Applications*. *Antioxidants*. 2019. vol. 8. no 8. doi:10.3390/antiox8080304
- 15 Matsneva V.V., Doeva E.G., Kochieva I.V. Characteristics of milk Thistle meal as a source of valuable components in the nutrition of agricultural animals. *Modern science-intensive technologies*. 2014. no. 7–2. pp. 90–91. (in Russian).
- 16 Attia Y.A., Hamed R.S., Bovera F. et al. Milk thistle seeds and rosemary leaves as rabbit growth promoters. *Animal Science papers and reports*. 2019. vol. 37. no 3. pp. 277–295.
- 17 Kretov I.T., Kazartsev D.A., Zhuravlev A.V., Yurova I.S. the Problem of processing milk Thistle seeds in Russia. *Economy*. 2010. no. 6. pp. 43a-46. (in Russian).
- 18 Kurkin V.A., Sazonova O.V., Rosikhin D.V., Ryazanova T.K. fatty Acid composition of milk Thistle seed oil cultivated in the Samara region. *Chemistry of plant raw materials*. 2017. no. 3. pp. 101–105. (in Russian).
- 19 Viktorova J., Stranska-Zachariasova M., Fenclova M. et al. Complex Evaluation of Antioxidant Capacity of Milk Thistle Dietary Supplements. *Antioxidants*. 2019. vol. 8. no. 8. doi:10.3390/antiox8080317.
- 20 Fenclova M., Novakova A., Viktorova J., Jonatova P. et al. Poor chemical and microbiological quality of the commercial milk thistle-based dietary supplements may account for their reported unsatisfactory and non-reproducible clinical outcomes. *Scientific Reports*. 2019. vol. 9. doi:10.1038/s41598-019-47250-0
- 21 Plotnikov E.E., Glazova G.V., Ashikhina L.A., Gavrilenko A.P. et al. Plant antioxidants in the production of meat products. *Meat industry*. 2010. no. 7. pp. 26–29. (in Russian).
- 22 Fedorova T.Ts., Pavlov S.N. The use of tincture of milk Thistle in the manufacture of meat products. *Izvestiya vuzov. Applied chemistry and biotechnology*. 2012. no. 2 (3). pp. 155–156. (in Russian).
- 23 Temiraev R.B., Baeva A.A., Vityuk L.A., Gusoeva M.T. et al. the Method of increasing consumer properties of food products when used in their formulation of milk Thistle meal. *Sustainable development of mountain territories*. 2013. vol. 5. no. 3. pp. 101–105. (in Russian).
- 24 Yurova I.S., Derkanosova A.A., Borisova Yu.N. Increasing the content of amino acids in the composition of confectionery products by making flour composite mixtures of milk Thistle. *Actual biotechnology*. 2012. no. 2. pp. 19–21. (in Russian).
- 25 Jandlova M., Kumbar V., Jarosova A. et al. Sensory evaluation of yoghurt with addition of baobab powder, milk thistle flour, cricket flour, chia flour. 25 th international PhD Students Conference for Undergraduate and Postgraduate Students (MendelNet). Brno, Mendel Univ Brno, Fac AgriSciences, 2018. pp. 285–289.
- 26 Cardinali F., Osimani A., Taccari M. et al. Impact of thistle rennet from *Carlina acanthifolia* All. subsp *acanthifolia* on bacterial diversity and dynamics of a specialty Italian raw ewes' milk cheese. *International Journal of food microbiology*. 2017. vol. 25. pp. 7–16. doi:10.1016/j.jfoodmicro.2017.05.018
- 27 Skripin P.V., Kryuchkova V.V., Lodyanov V.V. Qualitative indicators of curd mass enriched with walnut, mulberry berries and milk Thistle meal. *Collection of scientific works of Stavropol research Institute of animal husbandry and fodder production*. 2012. vol. 3. no. 1–1. pp. 177–180. (in Russian).

Сведения об авторах

Роза Т. Тимакова к.с.-х.н., доцент, кафедра пищевой инженерии, Уральский государственный экономический университет, ул. 8 Марта/Народной воли, 62/45, г. Екатеринбург, 620144, Россия, trt64@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-4777-1465>

Вклад авторов

Роза Т. Тимакова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Roza T. Timakova Cand. Sci. (Agric.), associate professor, food engineering department, Ural State Economic University, St. 8-e Marta/Narodnoy vol, 62/45, Ekaterinburg, 620144, Russia, trt64@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-4777-1465>

Contribution

Roza T. Timakova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Поступила 19/08/2019	После редакции 28/08/2019	Принята в печать 02/09/2019
Received 19/08/2019	Accepted in revised 28/08/2019	Accepted 02/09/2019

Эффективность использования кормовой синбиотической добавки ПроСтор для получения ресурсов кролиководства

Елена Е. Курчаева

¹alena.kurchaeva@ya.ru

ID 0000-0001-5958-0909

Александр В. Востроилов

¹alexandervostroilov@ya.ru

ID 0000-0003-1626-5735

¹ Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия

Аннотация. Использование пробиотических добавок в отрасли животноводства, в том числе кролиководства способствует нормализации микробиоценоза организма животных, а также их устойчивости к патогенной микрофлоре, что влияет в итоге на повышение мясной продуктивности и качество мяса. Исследовано влияние пробиотической добавки «ПроСтор» на продуктивность, химический состав и биологическую ценность мяса кроликов. Изучено влияние комплексов пробиотик- сорбент на поголовье кроликов (самцов) гибридной формы «Нурфарт» французской селекции в возрасте 45 дней в условиях промышленного комплекса ООО «Липецкий кролик» Хлевенского района Липецкой области, которые были разделены на контрольную и опытные группы методом пар-аналогов. Контрольная группа кроликов получала основной рацион, состоящий из комбикорма ПЗК-92, кролики 1 опытной группы получали комбикорм ПЗК-92-60-18, в состав которого был введен синбиотик «ПроСтор» в дозировке 0,5 г/кг комбикорма, и кролики 2 опытной группы 1 г/кг комбикорма соответственно. Оценку качества мяса проводили в возрасте 105 суток после контрольного убоя в количестве 3 голов из каждой группы. Данные морфологического состава показали, что по массе мышечной ткани кролики 1-ой и 2-ой опытных групп превосходили кроликов контрольной группы на 12,17 и 23,84% соответственно. Анализ химического и аминокислотного состава мышечной ткани показал, что использование кормовой добавки «ПроСтор» в дозировке 1,0 г на кг комбикорма оказывает положительное влияние на мясную продуктивность, и качество мяса кроликов, что открывает перспективы использования данных препаратов в отрасли кролиководства.

Ключевые слова: синбиотический препарат, кролики, мясная продуктивность, биологическая ценность, качество мяса

The efficiency of use of feed synbiotic supplement the open Prostor resources of the rabbit

Elena E. Kurchaeva

¹alena.kurchaeva@ya.ru

ID 0000-0001-5958-0909

Alexander V. Vostroilov

¹alexandervostroilov@ya.ru

ID 0000-0003-1626-5735

¹ Voronezh state agrarian University named after Emperor Peter the Great, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia

Abstract. The use of probiotic additives in the livestock industry, including rabbit breeding, contributes to the normalization of the microbiocenosis of the animal body, as well as their resistance to pathogenic microflora, which ultimately affects the increase in meat productivity and meat quality. The influence of probiotic additive "Prostor" on the productivity, chemical composition and biological value of rabbit meat was studied. The influence of probiotic - sorbent complexes on the number of rabbits (males) of the hybrid form "Hiplus" of the French selection at the age of 45 days in the conditions of the industrial complex of LLC "Lipetsk rabbit" of the Khlevensky district of the Lipetsk region, which were divided into control and experimental groups by the method of pairs-analogues, was studied. The control group of rabbits received the main diet, consisting of feed PZK-90, rabbits 1 experimental group received feed PZK-92-60-18, which was introduced synbiotic "Prostor" in a dosage of 0.5 g/kg of feed, and rabbits 2 experimental group 1 g/kg of feed, respectively. Meat quality was assessed at the age of 105 days after control slaughter in the amount of 3 heads from each group. Morphological composition data showed that the mass of the muscular tissue of the rabbits of the 1st and 2nd experimental groups was superior to the rabbits of the control group by 12.17 and 23.84%, respectively. Analysis of the chemical and amino acid composition of muscle tissue showed that the use of feed additives "Prostor" in a dosage of 1.0 g per kg of feed has a positive effect on meat productivity, and the quality of rabbit meat, which opens up prospects for the use of these drugs in the rabbit industry.

Keywords: synbiotic preparation, rabbits, meat productivity, biological value, meat quality

Введение

Интенсивные технологии выращивания внедряемые в отрасли кролиководства, способствуют увеличению поголовья объектов разведения, но приводят к усилению техногенной и микробиологической нагрузки на организм животных, что вызывает в первую очередь нарушение процессов пищеварения и обмена веществ, снижение продуктивности, которые

сопровожаются различного рода кишечными инфекциями, вызываемыми патогенной микрофлорой [1, 3, 4].

Главное внимание при выращивании молодняка кроликов уделяется рационам и технологии кормления с использованием научно-обоснованных норм питания с применением кормовых добавок, обеспечивающих полноценность рационов и улучшающих процессы гомеостаза. Использование кормовых добавок

Для цитирования

Курчаева Е.Е., Востроилов А.В. Эффективность использования кормовой синбиотической добавки ПроСтор для получения ресурсов кролиководства // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 50–56. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-50-56

For citation

Kurchaeva E.E., Vostroilov A.V. The efficiency of use of feed synbiotic supplement the open Prostor resources of the rabbit. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 50–56. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-50-56

способствует оптимизации метаболических процессов, протекающих в организме, что в свою очередь оказывает влияние на сохранность поголовья путем нормализации микробного баланса в пищеварительном тракте, стимуляции роста, увеличению приростов живой массы [5].

При выращивании поголовья в промышленных условиях одним из важных биологических рисков является восприимчивость молодняка кроликов к различного вида возбудителям инфекций. Для снижения восприимчивости кроликов к патогенным инфекциям применяют, как правило, антибиотики в качестве кормовых добавок, которые снижают местный иммунитет оказывают подавляющее действие на интенсивность роста животного [6, 8, 10, 13]. Также антибиотики имеют способность накапливаться в тканях живого организма, в связи, с чем возникает необходимость поиска препаратов, снижающих риск возникновения инфекций и оказывающих положительное действие на интенсивность роста животных. К таким препаратам в первую очередь относятся пробиотики кормового назначения, которые способствуют повышению резистентности организма животных, нормализации микробиоценоза кишечника, улучшению процессов усвоения питательных веществ кормов [9].

При сбалансированном кормлении организм кроликов накапливает большое количество биологически активных веществ, которые содержатся в зерновом сырье, в том числе необходимые для человека селен, фтор, кобальт, витамины группы В, витамина С, что предопределяет использование данного вида мяса в лечебно – профилактическом питании.

Целью работы является обоснование использования синбиотического препарата «Про-Стор» для повышения мясной продуктивности кроликов и оценки его влияния на качество получаемого мясного сырья.

Материалы и методы

Промышленная апробация проведена методом сбалансированных групп-аналогов в условиях промышленного комплекса ООО «Липецкий кролик» в 2018–2019 гг. Опытные группы формировались из клинически здоровых животных.

Исследования проводили на отобранном здоровом поголовье кроликов гибридной формы «Нурфарм» французской селекции (300 голов) в возрасте 45 дней, которые были разделены на 3 группы по 100 голов в каждой группе. Содержание и кормление кроликов соответствовали зоогигиеническим и зоотехническим нормам. Применялся сухой тип кормления – гранулированными комбикормами. Животные имели неограниченный доступ к воде, поение с помощью nipple-поилок. В качестве

основного рациона использовали комбикорм ПЗК-90, полученного на основе зерновых культур, жмыха подсолнечника, пшеничных отрубей, травяной муки и премикса КВП П90-1К.



Рисунок 1. Кролики французской селекции «НУРФАРМ»

Figure 1. Bunnies French se-lectures “НУРФАРМ”

Ранее проведенными опытами в 2016–2017 гг было установлено положительное влияние синбиотической добавки «ПроСтор» на продуктивность кроликов. При проведении промышленной апробации сформированная контрольная группа кроликов получала основной рацион, состоящий из комбикорма ПЗК-90, кролики 1 опытной группы получали комбикорм ПЗК-92-60-18, в состав которого был введен синбиотик «ПроСтор» в дозировке 0,5 г/кг комбикорма, и кролики 2 опытной группы 1 г/кг комбикорма соответственно.

ПроСтор – кормовая синбиотическая добавки нового поколения, обеспечивающая биозащиту организма, повышение продуктивности животных, за счет улучшения конверсии корма, стимуляции обменных и иммунных процессов организма. ПроСтор обладает пробиотическими, антибактериальными, противовирусными и противомикотическими свойствами, обеспечивает увеличение переваримости кормов, стимуляцию обменных и иммунных процессов, повышает эффективность использования кормовых рационов. Синбиотическая добавка «Простор» содержит молочнокислых микроорганизмов не менее $5 \cdot 10^6$ КОЕ/г, *Bacillus subtilis* не менее $2 \cdot 10^7$ КОЕ/г.

Интенсивность роста живой массы учитывали индивидуальным взвешиванием. Мясную продуктивность определяли путем проведения

контрольного убоя по 3 головы кроликов из каждой группы по методике ВИЖ. Исследования выполнялись с использованием материально – технической базы ГНУ ВНИВППИТ Россельхозакадемии (г. Воронеж). Аминокислотный состав определяли по ГОСТ 13496.21-2015 с использованием гидролиза и определения аминокислот методом высокоэффективной жидкостной

хроматографии. Оценку химического состава и биологической ценности, физико-химических показателей мяса кроликов проводили в соответствии с рекомендациями [1, 2].

Результаты

Полученные результаты представлены в таблицах 1-4 и рисунках 2 и 3.

Таблица 1.

Интенсивность роста живой массы кроликов, г ($X \pm S_x$)

Table 1.

Growth Rate of live weight of rabbits, g ($X \pm S_x$)

Возраст, суток Age, days'	Группа Group		
	1-я группа (контрольная) Group 1 (control)	2-я группа (опытная 1) Group 2 (experiment 1)	3-я группа (опытная 2) Group 3 (experiment 2)
1	64,95 $\pm$ 0,20	63,90 $\pm$ 0,09	65,80 $\pm$ 0,13
45	1527,0 $\pm$ 2,73	1540,0 $\pm$ 5,30	1537,0 $\pm$ 3,20
60	1687,0 $\pm$ 2,23	1745,0 $\pm$ 2,67	1791,0 $\pm$ 2,24
75	2445,0 $\pm$ 4,39	2540,0 $\pm$ 7,07	2572,0 $\pm$ 4,40
90	3057,0 $\pm$ 2,56	3174,0 $\pm$ 2,47	3291,0 $\pm$ 7,34
105	3240,0 $\pm$ 1,98	3416,0 $\pm$ 3,11	3459,0 $\pm$ 3,88
Среднесуточный прирост Average daily growth	28,55 $\pm$ 0,04	31,28 $\pm$ 0,05	32,03 $\pm$ 0,05
Сохранность, % Safety, %	90,0	100,0	100,0

Таблица 2.

Морфологический состав тушек (n = 9)

Table 2.

Morphological composition of carcasses (n = 9)

Показатель Indicator	1-я группа (контрольная) Group 1 (control)	2-я группа (опытная 1) Group 2 (experiment 1)	3-я группа (опытная 2) Group 3 (experiment 2)
Предубойная живая масса, г Pre-slaughter live weight, g	3065,0 $\pm$ 8,28	3142,0 $\pm$ 3,24	3226,0 $\pm$ 4,95
Масса охлажденной тушки, г Weight of cooled carcass, g	1656,0 $\pm$ 4,97	1803,0 $\pm$ 3,94	1932,0 $\pm$ 7,09
Убойный выход, % Lethal output, %	54,03 $\pm$ 0,20	57,38 $\pm$ 0,18	59,89 $\pm$ 0,25
Масса мякоти, г Pulp weight, g	1191,0 $\pm$ 5,71	1336,0 $\pm$ 5,36	1475,0 $\pm$ 11,32
Выход мякоти, % The output of pulp, %	71,93 $\pm$ 0,14	74,11 $\pm$ 0,13	76,34 $\pm$ 0,86
Масса кости, г Bone weight, g	355,0 $\pm$ 2,55	345,0 $\pm$ 2,54	339,0 $\pm$ 1,87
Выход кости, % The movement of the bones, %	21,43 $\pm$ 0,20	19,13 $\pm$ 0,17	17,55 $\pm$ 0,14
Масса жира, г Weight of fat, g	110,0 $\pm$ 2,16	122,0 $\pm$ 1,87	118,0 $\pm$ 20,16
Выход жира, % Fat yield, %	6,66 $\pm$ 0,13	6,77 $\pm$ 0,10	6,11 $\pm$ 0,11
Индекс мясности Meat index	3,52 $\pm$ 0,23	3,87 $\pm$ 0,04	4,35 $\pm$ 0,04

Таблица 3.

Химический состав средней пробы мяса кроликов, М $\pm$ s

Table 3.

Chemical composition of the average sample of rabbit meat, M $\pm$ s

Показатель Indicator	Группа Group		
	1-я группа (контрольная) Group 1 (control)	2-я группа (опытная 1) Group 2 (experiment 1)	3-я группа (опытная 2) Group 3 (experiment 2)
Массовая доля влаги, % Mass fraction of moisture, %	72,31 $\pm$ 0,08	71,48 $\pm$ 0,16	71,49 $\pm$ 0,09
Массовая доля белка, % Mass fraction of protein, %	21,35 $\pm$ 0,13	22,72 $\pm$	23,37 $\pm$ 0,21
Массовая доля жира, % Mass fraction of fat, %	5,21 $\pm$ 0,20	4,69 $\pm$ 0,15	3,96 $\pm$ 0,17
Массовая доля золы, % Mass fraction of ash, %	1,12 $\pm$ 0,01	1,14 $\pm$ 0,01	1,18 $\pm$ 0,01

Таблица 4.

Минеральный состав средней пробы мяса кроликов

Table 4.

Mineral composition of the medium sample of rabbit meat

Показатель Indicator	Группа Group		
	1-я группа (контрольная) Group 1 (control)	2-я группа (опытная 1) Group 2 (experiment 1)	3-я группа (опытная 2) Group 2 (experiment 2)
Макроэлементы, мг Macronutrients, mg			
Натрий Sodium	60,5	61,2	62,4
Магний Magnesium	23,7	23,9	24,2
Кальций Calcium	22,0	23,8	24,2
Калий/Potassium	348,0	354,0	358,0
Фосфор Phosphorus	210,0	212,0	213,4
Микроэлементы, мг Trace elements, mg			
Медь Copper	0,13	0,12	0,10
Йод Iodine	0,00104	0,00103	0,00101
Фтор Fluorine	0,068	0,058	0,055

Обсуждение результатов

Динамика живой массы отражает характер и уровень кормления поголовья молодняка кроликов. На этапе постановки эксперимента масса кроликов контрольной и опытных групп была практически одинаковой и составила в среднем 65,0 г. По достижении возраста 105 суток кролики 1-й группы (контрольной) характеризовались живой массой, которая была меньше массы кроликов 2-й группы на 176,0 г, или 5,43 % ($P < 0,05$), 3-й группы - на 219,0 г, или 6,76 % ($P < 0,01$) (таблица 1).

Мясные качества кроликов зависят от их предубойной массы, массы охлажденной тушки и выхода тушки, а также соотношение мышечной и костной ткани [11, 13].

Проведенная послеубойная анатомическая разделка подтвердила явные межгрупповые различия по морфологическому составу тушек кроликов и выходу мышечной ткани (таблица 2).

Установлено, что наиболее высокая предубойная масса была во 3-й группе кроликов (3226 г) и превышала на 161,0 г и 84,0 г или 5,25% и 2,74% соответственно предубойную массу особей 1-й и 2-й группы. В 3-й группе кроликов убойный выход тушки составил 59,89 %, что больше по сравнению с 1-й (контрольной) группой на 5,87 %, 2-й группой на 2,51%.

Результаты морфологического состава показали, что кролики 3 группы имели массу охлажденной тушки на 147,0 г (8,48%; $P < 0,05$), 3 группы – на 276,0 г (16,66%; $P < 0,01$) и мышечной ткани на 145,0 и 284,0 г (12,17 и 23,84 % соответственно; $P < 0,01$) выше, чем особи 1 группы (контрольной).

Рассчитанный индекс мясности показал, что кролики, получавшие комбикорм с введением пробиотической добавки «ПроСтор» в дозировке 1,0 г на кг комбикорма (3 группа) имеют больший показатель индекса мясности – 4,35, по сравнению с кроликами 2 группы и контрольной – 3,87 и 3,52 единиц соответственно.

Химический состав мяса определяет его пищевую и биологическую ценность, которая определяется набором необходимых пищевых нутриентов, а также аминокислот, как заменимых, так и незаменимых [5, 7].

В таблице 3 представлен химический состав средней пробы мяса кроликов.

Установлено, что использование при кормлении кроликов синбиотика «ПроСтор» способствовало повышению массовой доли белка в мышечной ткани (таблица 3). Наибольшее содержание белка отмечено в мясе кроликов 2-й опытной группы и составило 21,63%. Также максимальное количество зольных веществ было отмечено у кроликов 2 опытной группы, которое составило 1,27%.

Мясо кролика характеризуется способностью удовлетворять суточную потребность организма в основных питательных веществах и является перспективным сырьевым источников для получения группы функциональных продуктов питания, что подтверждается наличием в составе макро- и микроэлементов (таблица 4).

Из литературных данных известно [6, 12], что мясо кроликов имеет высокую биологическую ценность. Нами был изучен аминокислотный состав крольчатины, полученной в условиях промышленного комплекса, и установлено присутствие всех незаменимых аминокислот в анализируемых пробах (рисунок 2).

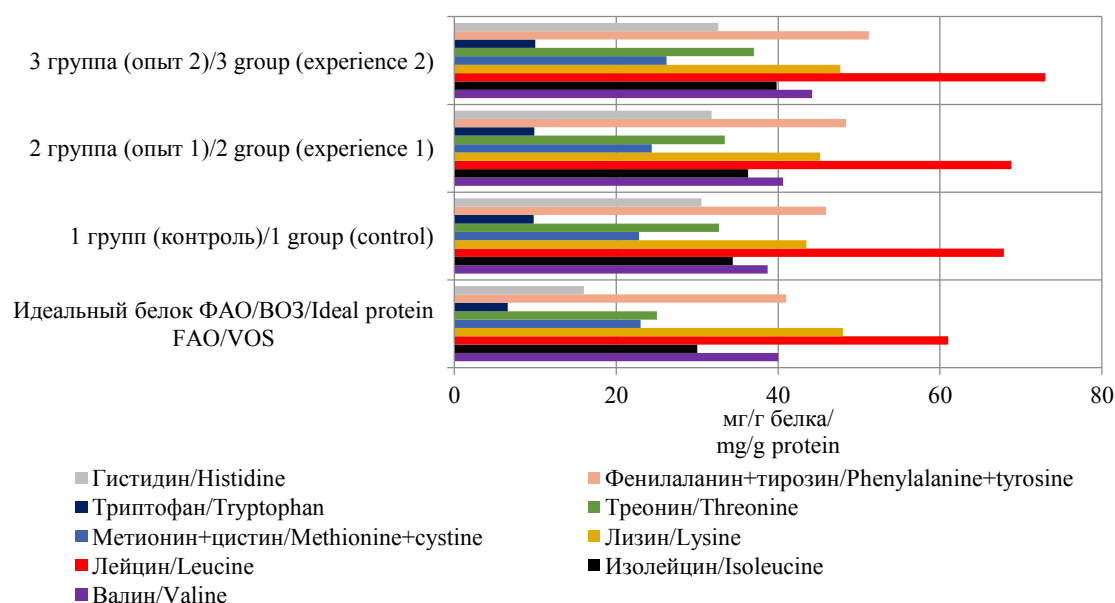


Рисунок 2. Аминокислотный состав средней пробы мяса кроликов, мг/г белка

Figure 2. Amino Acid composition of the average sample of rabbit meat, mg/g protein

Проведенная органолептическая оценка мяса и бульона кроликов контрольной и опытных групп, показала положительное влияние пробиотической кормовой добавки «ПроСтор» на формирование вкусо-ароматического профиля вареного мяса (рисунок 3).

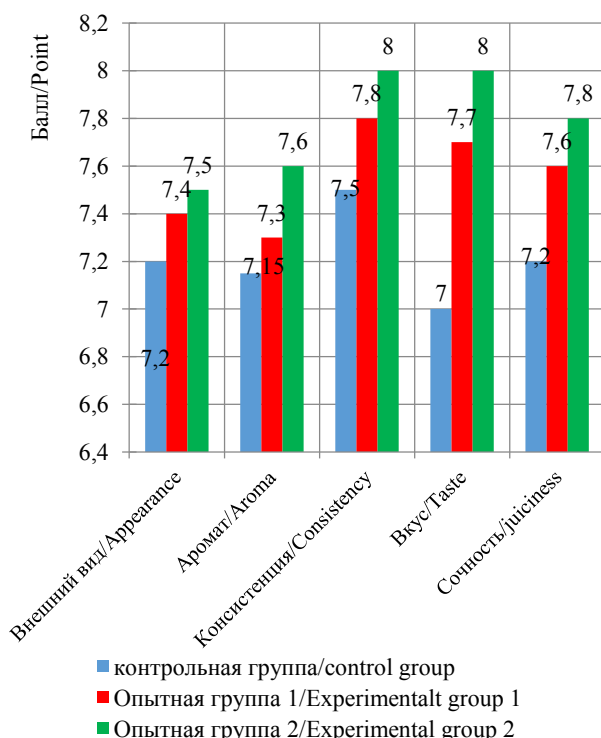


Рисунок 3. Результаты дегустационного анализа вареного мяса

Figure 3. Results of the tasting analysis boiled meat

Наибольшей балльной оценкой характеризовались образцы вареного мяса, полученного от тушек 2 опытной группы.

Образцы вареного мяса, полученного от тушек кроликов контрольной и первой группы имели более низкую балльную оценку.

Таким образом, использование в кормовых рационах кроликов добавок с пробиотическими свойствами оказывает положительное влияние на биологическую и пищевую ценность получаемых мясных ресурсов отрасли кролиководства.

Заключение

Применение синбиотического комплекса «ПроСтор» в кормовых рационах молодняка кроликов дозировке 1,0 г на кг комбикорма способствует интенсивности роста и оказывает положительное влияние на морфологический состав тушек кроликов, улучшает органолептические показатели, а также повышает пищевую и биологическую ценность мяса кроликов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность коллективу ООО «Липецкий кролик», декану факультета ветеринарной медицины и технологии животноводства ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ» Аристову Александру Васильевичу, а также ведущему научному сотруднику лаборатории инновационных препаратов рекомбинантной протеомики ФГБНУ «ВНИВИПФиТ» Михайлову Евгению Владимировичу за помощь в проведении исследований и ценные замечания.

Литература

1. Антипова Л. В., Глотова И.А., Рогов И.А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. М.: Колос, 2001. 376 с.
2. Воробьев А.В. Ветеринарно-санитарные показатели мяса кроликов под влиянием экспериментальных биопрепаратов// Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2012. № 1. С. 210-215.
3. Горлов И.Ф., Бараников В.А., Юрина Н.А., Омельченко Н.А., Максим Е.А. Продуктивное действие комплекса пробиотических добавок // Аграрный научный журнал. 2014. № 11. С. 17-20.
4. Черненко Е.Н., Миронова И.В., Гизатов А.Я. Влияние скармливания препарата Биогумитель на убойные качества и морфологический состав туши кроликов/. – Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 4 (48). С. 146-148.
5. Черненко Е.Н., Гизатов А.Я. Динамика изменения мясной продуктивности кроликов при использовании в рационе пробиотической добавки Биогумитель// Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2014 № 1. С. 128-131.
6. Черненко Е.Н., Миронова И.В. Качество мяса кроликов при скармливании пробиотика Биогумитель// Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 10 (132). С. 104-108.
7. Шевченко А.И., Шевченко С.А., Федоров Ю.Н. Естественная резистентность мясной птицы и ее фармакокоррекция пробиотиками и синбиотиками // Сельскохозяйственная биология. 2013. № 2. С. 93-98.
8. Горковенко Л.Г., Юрина Н.А., Омельченко Н.А., Омельченко Н.Н. Эффективность использования пробиотической добавки к корму «Бацелл-м» в рационе кроликов// Ветеринария Кубани. 2016. № 1. С. 19-21.
9. Bielanski P., Zajac J., Fijal J. Effect of genetic variation of growth rate and meat quality in rabbits // In Proceedings of the 7th World Rabbit Congress. Valencia, Spain : World Rabbit Science Association. 2000. pp. 561–566.
10. Dalle Z., Szendrő Z. The role of rabbit meat as functional food // Meat Science. 2011. V. 88. № 3. P. 319–331..
11. Giang H., Viet T., Lindberg J. 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 // Livest Sci. 2012. № 143. pp. 32-41.
12. Capra G., Martínez R., Fradiletti F., Cozzano S. et al. Ibáñez Meat quality of rabbits reared with two different feeding strategies: with or without fresh alfalfa ad libitum // World Rabbit Science. 2013. V. 21. № 13. P. 23–32.
13. Pavelková A., Tkáčová J., Červienková K., Bučko O. The rabbit meat quality after different feeding // Potravinarstvo. 2017. V. 11 (1). P. 634–640

References

1. Antipova L.V., Glotova I.A., Rogov I.A. Research methods for meat and meat products. Moscow, Kolos, 2001. 376 p. (in Russian).
2. Vorobyov A.V. Veterinary and sanitary indicators of rabbit meat under the influence of experimental biological products. Russian Journal of Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology. 2012. no 1. pp. 210–215. (in Russian).
3. Gorlov I.F., Baranikov V.A., Yurina N.A., Omelchenko N.A. et al. Productive effect of a complex of probiotic additives. Agricultural Scientific Journal. 2014. no. 11. pp. 17–20. (in Russian).
4. Chernenkov E.N., Mironova I.V., Gizatov A.Ya. The effect of feeding the drug Biogumitel on slaughter qualities and morphological composition of carcasses of rabbits. Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. 2014. no. 4 (48). pp. 146–148. (in Russian).
5. Chernenkov E. N., Gizatov A. Ya. Dynamics of change of meat productivity of rabbits at use in a diet of a probiotic additive Biogumitel// Izvestiya Samara state agricultural Academy. 2014. №1. pp. 128-131.
6. Chernenkov E.N., Mironova I.V. The quality of rabbit meat when feeding the probiotic “Biogumitel”. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2015. no. 10 (132). pp. 104–108. (in Russian)..
7. Shevchenko A.I., Shevchenko S.A., Fedorov Yu.N. Natural resistance of poultry and its pharmacocorrection with probiotics and synbiotics. Agricultural Biology. 2013. no. 2. pp. 93–98. (in Russian)
8. Gorkovenko L.G., Yurina N.A., Omelchenko N.A., Omelchenko N.N. The effectiveness of the use of probiotic feed additives “Bacell-m” in the diet of rabbits. Veterinary Medicine Kuban. 2016. no. 1. pp. 19–21. (in Russian).
9. Bielanski P., Zajac J., Fijal J. Effect of genetic variation of growth rate and meat quality in rabbits // In Proceedings of the 7th World Rabbit Congress. Valencia, Spain: World Rabbit Science Association. 2000. pp. 561 - 566.
10. Dalle Z., Szendrő Z. The role of rabbit meat as functional food // Meat Science. 2011. V. 88. № 3. P. 319–331..
11. Giang H., Viet T., Lindberg J. 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 // Livest Sci. 2012. № 143. pp. 32-41.
12. Capra G., Martínez R., Fradiletti F., Cozzano S. et al. Ibáñez Meat quality of rabbits reared with two different feeding strategies: with or without fresh alfalfa ad libitum // World Rabbit Science. 2013. V. 21. № 13. P. 23–32.
13. Pavelková A., Tkáčová J., Červienková K., Bučko O. The rabbit meat quality after different feeding // Potravinarstvo. 2017. V. 11 (1). P. 634–640.

Сведения об авторах

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@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5958-0909>

Information about authors

Elena E. Kurchaeva Cand. Sci. (Engin.), assistant professor, doctoral student of private animal science department, Voronezh state agrarian University named after Emperor Peter I, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, alena.kurchaeva@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5958-0909>

Александр В. Востроилов д.х.н., профессор, заведующий кафедрой частной зоотехнии, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, alexandervostroilov@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-1626-5735>

Alexander V. Vostroilov Dr. Sci. (Agric.), professor, head of private animal science department, Voronezh state agrarian University named after Emperor Peter I, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, alexandervostroilov@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-1626-5735>

Вклад авторов

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 are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 05/06/2019	После редакции 11/07/2019	Принята в печать 15/08/2019
Received 05/06/2019	Accepted in revised 11/07/2019	Accepted 15/08/2019

Повышение физиологического статуса и качества мяса кроликов на фоне применения пробиотического комплекса «Споротермин» в составе комбикормов

Евгения С. Шенцова	¹	evgeniya-shencova@ya.ru	
Александр В. Востроилов	²	alexandervostroilov@ya.ru	 0000-0003-1626-5735
Лариса И. Лыткина	¹	larissaig2410@rambler.ru	 0000-0003-2033-6751
Елена Е. Курчаева	²	alena.kurchaeva@ya.ru	 0000-0001-5958-0909

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

² Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия

Аннотация. Продуктивные качества кроликов и качество мяса зависят от полноценного кормления. Но в связи с внедрением интенсивных технологий в кролиководстве повышается стресс-чувствительность животных, снижается их физиологический статус, что приводит к развитию патологических состояний. Для увеличения сохранности молодняка, а также восстановления и поддержания микрофлоры пищеварительного тракта внедряются в производственный цикл пробиотические добавки, способствующие повышению иммунного статуса и резистентности организма животных и оказывающие положительное влияние на их продуктивность. Данный подход позволяет снизить последствия от бесконтрольного использования антибиотиков, которые способствуют усилению изменчивости патогенной микрофлоры и их аккумуляции в тканях объекта разведения. Нами изучена эффективность использования пробиотического комплекса «Споротермин» для повышения физиологического статуса и эффективности выращивания молодняка кроликов. Исследования проведены на помесном поголовье кроликов «Нурфарт» французской селекции в возрасте 45 суток в условиях промышленного комплекса ООО «Липецкий кролик». Изучение влияния пробиотического комплекса на иммунный и клинический статус проведено на 300 кроликах, разделенных на контрольную и опытные группы методом пар-аналогов. Кролики контрольной группы получали комбикорм ПК-92, поголовье опытных групп кормили комбикормом ПК-90 с вводом пробиотического комплекса «Споротермин» в дозировке 0,6 и 1,0 г/кг комбикорма. Применение пробиотического комплекса в оптимально подобранной дозировке 1,0 г/кг комбикорма оказало положительное влияние на интенсивность роста, физиологический статус организма и качественные показатели мяса кроликов, что является основанием для его использования в промышленных условиях.

Ключевые слова: пробиотический препарат, интенсивность роста, гематологические показатели крови, пищевая ценность мяса

Improving physiological status and meat quality of rabbits by the application of probiotic complex “Sporotermine” in compound feeds

Evgenia S. Shentsova	¹	evgeniya-shencova@ya.ru	
Alexander V. Vostroilov	²	alexandervostroilov@ya.ru	 0000-0003-1626-5735
Larisa I. Lytkina	¹	larissaig2410@rambler.ru	 0000-0003-2033-6751
Elena E. Kurchaeva	²	alena.kurchaeva@ya.ru	 0000-0001-5958-0909

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

² Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia

Abstract. The productive qualities of rabbits and meat quality depend on proper feeding. But due to the intensive technologies introduction in rabbit breeding, the animals stress sensitivity increases, their physiological status decreases, causing pathological conditions. Probiotic additives enhancing the animals immune status and resistance and having a positive effect on their productivity are introduced into the production cycle to increase the safety of young animals, as well as to restore and maintain the microflora of the digestive tract. This approach allows to reduce the consequences of the uncontrolled antibiotics use, which contribute to increased variability of pathogenic microflora and their accumulation in the breeding object tissues. The effectiveness of the Sporotermine probiotic complex application to increase the physiological status and efficiency of rearing young rabbits was studied in the work. The studies were carried out on a cross-breeding stock of rabbits obtained by industrial crossing of the parental forms of the breeds Soviet chinchilla and New Zealand red at the age of 60 days in the industrial complex LLC Lipetsk rabbit. The effect of the probiotic complex on the immune and clinical status was studied in 60 rabbits, divided into control and experimental groups using the pair-analogue method. Rabbits of the control group received PK-90 compound feed, the experimental group rabbits were fed with PK-90 compound feed with the introduction of the Sporotermine probiotic complex in a dosage of 0.6 and 1.0 g / kg of compound feed. The application of a probiotic complex in an optimally selected dosage of 1.0 g / kg of compound feed had a positive effect on the growth rate, physiological status of the organism and the quality indicators of rabbit meat, which is the basis for its use in industry.

Keywords: probiotic preparation, growth rate, blood hematological parameters, meat nutritional value

Для цитирования

Шенцова Е.С., Востроилов А.В., Лыткина Л.И., Курчаева Е.Е. Повышение физиологического статуса и качества мяса кроликов на фоне применения пробиотического комплекса «Споротермин» в составе комбикормов // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 57–63. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-57-63

For citation

Shentsova E.S., Vostroilov A.V., Lytkina L.I., Kurchaeva E.E. Improving physiological status and meat quality of rabbits by the application of probiotic complex “Sporotermine” in compound feeds. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 57–63. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-57-63

Введение

Правительством РФ в целях реализации Федерального закона «О развитии сельского хозяйства» утверждена государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия до 2020 года, предусматривающая обеспечение продовольственной независимости России, повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутреннем и внешнем рынках [3].

Отрасль животноводства призвана обеспечивать рынок экологически чистой сельскохозяйственной продукцией. Но данный подход требует от производителей отказа от применения кормовых антибиотиков, которые способны аккумулироваться в организме животных. В условиях промышленного получения сельскохозяйственной продукции исключение антибиотиков может привести к массовым заболеваниям животных. Это вызывает необходимость поиска препаратов альтернативных кормовым антибиотикам, которые способны поддерживать устойчивость к заболеваниям объектов разведения [3, 4, 7–10]. К таким препаратам относят пробиотические кормовые добавки, которые находят применение в животноводстве.

Перспективной отраслью сельского хозяйства является кролиководство, основная продукция которой – это высококачественное диетическое мясо, а также сырье для меховых изделий: шкурки и пух. Питательные и диетические свойства кроличьего мяса значительно выше многих других видов мяса [2]. Кролики обладают высокой плодовитостью и скороспелостью, благодаря чему возможно получение в короткие сроки значительного количества продукции их убоя. За год от одной крольчихи можно получить, более 30 голов крольчат, свыше 30 шкурок и 70 кг мяса.

В настоящее время большой проблемой в промышленном кролиководстве является поддержание высокого иммунного статуса кроликов для увеличения сохранности поголовья, продуктивности и качества мяса.

Интенсивное развитие отрасли кролиководства диктует новые требования к качеству кормов и технологии кормления. В этом вопросе важное значение имеет совершенствование технологии кормления поголовья кроликов, что возможно при использовании научно обоснованных норм питания, более совершенных принципов оценки кормов при применении биологически активных веществ и других добавок, обеспечивающих полноценность рационов.

В связи с этим необходимо качественное изменение характера кормовой базы за счет создания и использования эффективных биологически активных кормовых добавок и пробиотиков, обладающих защитным действием и способностью оптимизировать метаболические процессы организма, лечить и предотвращать заболевания желудочно-кишечного тракта, восстанавливать нормальную микрофлору кишечника, улучшать биодоступность питательных веществ комбикормов и повышать сохранность поголовья без применения в лечебно-профилактических целях антибиотиков [6].

Материалы и методы

Для проведения эксперимента было подобрано 300 помесных кроликов (самцов), которые в возрасте 45 сут по принципу групп-аналогов были разделены на 3 группы. Кролики всех групп содержались в одинаковых условиях и получали одинаковый основной рацион. Исследования были проведены в условиях ООО «Липецкий кролик» в 2019 году. Кролики 1-й группы (контрольной) получали только комбикорм ПЗК–92, кроликам 2-й и 3-й группы вводили дополнительно к основному рациону пробиотический препарат «Споротермин» в дозировке 0,6 и 1,0 г/кг комбикорма соответственно.

Пробиотический препарат «Споротермин» представляет собой комплекс лиофилизированных микроорганизмов рода *Bacillus subtilis* (ВКПМ В-4520) и *Bacillus licheniformis* (ВКПМ В-2985). Количество жизнеспособных микроорганизмов *Bacillus* не менее $3 \cdot 10^9$ КОЕ/г.

Динамику живой массы учитывали индивидуально взвешиванием. Для определения мясной продуктивности провели убой по 3 головы кроликов из каждой группы по методике ВИЖ [3, 5].

Рационы кормления кроликов разрабатывались согласно нормам кормления с использованием программного модуля «КормОптим» (ООО «Корморесурс», г. Воронеж). Поедаемость кормов определяли ежедневно.

Содержание общего белка в сыворотке крови определяли рефрактометрически, активность аспаратаминотрансферазы (АсАТ), аланинаминотрансферазы (АлАТ), – на биохимическом анализаторе «Hitachi-902» (Япония). Определение содержания эритроцитов, лейкоцитов, гемоглобина проводили на анализаторе Micros-60 («Horiba ABX», Франция).

Оценку химического состава и биологической ценности, физико-химических показателей мяса кроликов проводили в соответствии с рекомендациями [1].

Результаты и обсуждение

В таблице 1 представлена динамика интенсивности роста кроликов, которая показала значительное увеличение живой массой кроликов 3-й группы. Данный показатель достоверно превышал значение контрольной группы на 325 г или 10,15%, что отразилось на валовом и среднесуточном приросте живой массы ($p < 0,05$).

При этом сохранность поголовья в опытных группах составила 100%, в контрольной – 70%, что связано с усилением общей резистентности организма, а соединения пробиотической природы, возможно, способствовали нормализации процессов пищеварения и, как следствие, улучшению конверсии комбикорма.

Таблица 1.

Динамика интенсивности роста кроликов

Table 1.

The dynamics of the growth rate of rabbits

Возраст, сут Age, days	Группа Group		
	1-я группа (контрольная) Group 1 (control)	2-я группа (опытная 1) Group 2 (experiment 1)	3-я группа (опытная 2) Group 3 (experiment 2)
		0,6 г/кг комбикорма 0.6 g/kg kombicorm	1,0 г/кг комбикорма 1.0 g/kg kombicorm
1	40,20 ± 0,11	40,30 ± 0,12	40,50 ± 0,13
45	1173 ± 10,14	1185 ± 10,79	1195 ± 15,19
60	1517 ± 20,47	1527 ± 15,54	1531 ± 21,20
90	2314 ± 14,44	2566 ± 20,17	2874 ± 19,48
120	3200 ± 20,17	3338 ± 20,14	3525 ± 26,00
Валовый прирост, г Gross increase, g	3160,32 ± 10,19	3298,2 ± 20,10	3484,7 ± 18,27
Сохранность, % Safety, %	70,00	90,00	100,00

Таблица 2.

Результаты биохимических исследований крови кроликов

Table 2.

Results of biochemical studies of rabbit blood

Показатель Indicator	Группа Group		
	1-я группа (контрольная) Group 1 (control)	2-я группа (опытная 1) Group 2 (experiment 1)	3-я группа (опытная 2) Group 3 (experiment 2)
В начале опыта (45 суток) At the beginning of the experiment (45 days)			
Белковый состав сыворотки крови, г/л Protein composition of blood serum, g/l			
Общий белок, г/л Total protein, g/l	70,71 ± 0,11	70,74 ± 0,19	71,36 ± 0,18
Глобулины, г/л Globulins, g/l	34,58 ± 0,16	34,52 ± 0,11	34,66 ± 0,12
Альбумины, г/л Albumins, g/l	36,13 ± 1,12	36,32 ± 1,20	35,70 ± 1,26
AG	1,04	1,05	1,03
В конце опыта (120 суток) At the end of the experiment (120 days)			
Белковый состав сыворотки крови, г/л Protein composition of blood serum, g/l			
Общий белок, г/л Total protein, g/l	71,29 ± 0,45	73,89 ± 0,52	75,28 ± 0,41
Глобулины, г/л Globulins, g/l	34,08 ± 0,46	34,65 ± 0,72	34,90 ± 0,60
Альбумины, г/л Albumins, g/l	37,21 ± 0,81	39,24 ± 1,17	40,38 ± 1,14
AG	1,09	1,13	1,15

Применение в кормовых рационах пробиотического комплекса «Споротермин» оказывает положительное влияние на функционирование организма в целом, что выразилось в повышении общего белка сыворотки крови на 5,59% у 3-й группы кроликов, получавших

в составе комбикорма пробиотический комплекс в дозировке 1,0 г/кг комбикорма (таблица 2), а также активности АсАТ и АлАТ по сравнению с данными показателями у интактных животных (АсАТ с 24,4 до 30,9 г/л и АлАТ с 45,25 до 50,2 г/л) (рисунок 1 и 2).

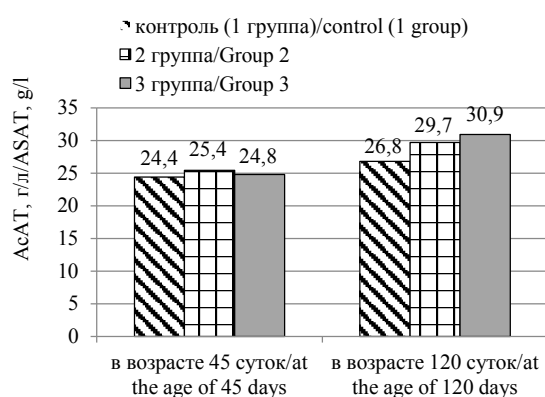


Рисунок 1. Динамика изменения активности аспартатаминотрансферазы (АсАТ)

Figure 1. Dynamics of aspartate aminotransferase (ASAT) activity change

У животных опытных групп в возрасте 120 сут отмечается положительная динамика увеличения морфологических показателей крови. У 3-й группы количество гемоглобина достоверно превосходило контрольные значения на 9,01 г/л или 8,12%, у 2-й – 3,45 г/л или 3,11% (таблица 3).

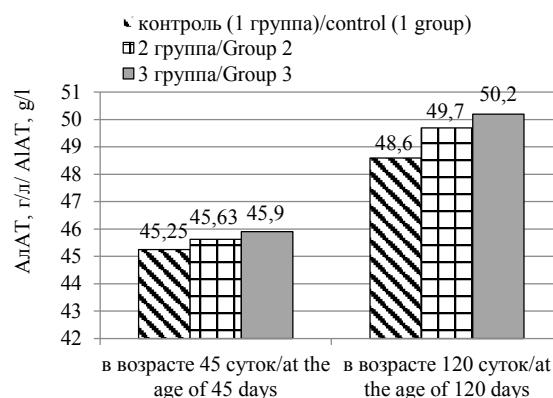


Рисунок 2. Динамика изменения активности аланинаминотрансферазы (АлАТ)

Figure 2. Dynamics of aspartate aminotransferase (ALAT) activity change

Аналогичная динамика прослеживается по содержанию эритроцитов, что указывает на улучшение обеспеченности организма кислородом и, как следствие, интенсификацию обменных процессов, протекающих в организме кроликов.

В конце опыта был произведен контрольный убой с оценкой морфологического состава согласно общепринятой методике (таблица 4).

Таблица 3.

Морфологические показатели крови кроликов

Table 3.

Morphological parameters of blood of rabbits

Показатель Indicator	Группа Group		
	1-я группа (контрольная) Group 1 (control)	2-я группа (опытная 1) Group 2 (experiment 1)	3-я группа (опытная 2) Group 3 (experiment 2)
В начале опыта (45 сут) At the beginning of the experiment (45 days)			
Эритроциты, $10^{12}/л$ Red blood cells, $10^{12}/l$	$4,65 \pm 0,14$	$4,64 \pm 0,11$	$4,68 \pm 0,15$
Лейкоциты, $10^9/л$ Leukocytes, $10^9/l$	$6,71 \pm 0,16$	$6,82 \pm 0,14$	$6,88 \pm 0,19$
Гемоглобин, г/л Hemoglobin, g/l	$110,94 \pm 1,10$	$112,12 \pm 1,24$	$113,08 \pm 1,22$
В конце опыта (120 сут) At the end of the experiment (120 days)			
Эритроциты, $10^{12}/л$ Red blood cells, $10^{12}/l$	$5,26 \pm 0,18$	$5,82 \pm 0,16$	$6,12 \pm 0,09$
Лейкоциты, $10^9/л$ Leukocytes, $10^9/l$	$6,67 \pm 0,10$	$6,49 \pm 0,19$	$6,46 \pm 0,11$
Гемоглобин, г/л Hemoglobin, g/l	$110,84 \pm 0,82$	$116,40 \pm 1,07$	$119,85 \pm 1,11$

Таблица 4.

Убойные качества и морфологический состав тушек кроликов

Table 4.

Slaughter qualities and morphological composition of rabbit carcasses

Показатель Indicator	Группа Group		
	1-я группа (контрольная) Group 1 (control)	2-я группа (опытная 1) Group 2 (experiment 1)	3-я группа (опытная 2) Group 3 (experiment 2)
1	2	3	4
Предубойная живая масса, г Pre-slaughter live weight, g	$3079,00 \pm 11,12$	$3169,00 \pm 9,33$	$3245,00 \pm 11,50$
Масса парной тушки, г The mass of steam carcass, g	$1698,00 \pm 21,17$	$1789,50 \pm 21,17$	$1925,00 \pm 14,48$
По отношению к контролю, % Relative to control, %	100,0	111,24	113,36
Убойный выход, % Slaughter exit, %	$55,14 \pm 0,45$	$56,45 \pm 0,41$	$59,32 \pm 0,52$

Продолжение табл. 4 | Continuation of table 4

1	2	3	4
Масса жира – сырца, г/ Weight of crude fat, g	115,50 ± 3,51	116,50 ± 3,52	107,50 ± 2,37
Выход жира – сырца, %/ The yield of crude fat, %	6,80 ± 0,14	6,51 ± 0,26	5,58 ± 0,18
Масса мякоти, г/ Pulp weight, g	1189,00 ± 32,10	1284,00 ± 43,44	1460,00 ± 35,3
Выход мякоти, %/ The output of pulp, %	70,02 ± 0,41	71,77 ± 0,49	76,44 ± 0,58
Масса кости, г Bone weight, g	393,50 ± 3,44	388,50 ± 3,78	357,00 ± 4,10
Выход кости, % The movement of the bones, %	23,17 ± 0,42	21,70 ± 0,45	18,54 ± 0,64
Индекс мясности the index of meat	3,02 ± 0,18	3,30 ± 0,42	4,09 ± 0,35

Наиболее высокая предубойная масса молодняка кроликов была в 3-й группе (3345 г) и превосходила живую массу особей контрольной группы на 266,0 г или 8,64% ($P < 0,05$). В опытных группах убойный выход превосходил данный показатель контрольной группы (55,14%) и составил 56,45 и 59,32%, (таблица 5), что оказало положительное влияние на соотношение тканей тушки и повышение индекса мясности.

Сбалансированность кормовых рационов оказывает значительное влияние на химический

состав мяса, формируя его пищевую и биологическую ценность. Использование пробиотического комплекса в составе комбикорма позволило повысить пищевую ценность мяса кроликов за счет трансформации питательных веществ кормового рациона в белковую составляющую мышечной ткани (таблица 6).

При этом наибольшим содержанием белка характеризовалось мясо кроликов 3-й группы (21,40%). Одновременно отмечено снижение массовой доли жира, что говорит о повышении пищевой ценности мяса.

Таблица 5.

Химический состав мяса кроликов

Table 5.

Chemical composition of rabbit meat

Показатель Indicator	Группа Group		
	1-я группа (контрольная) Group 1 (control)	2-я группа (опытная 1) Group 2 (experiment 1)	3-я группа (опытная 2) Group 3 (experiment 2)
Массовая доля (Mass fraction), %: влага (moisture)	73,31 ± 0,51	72,32 ± 0,54	71,77 ± 0,62
сухое вещество (dry matter)	26,69 ± 0,11	27,62 ± 0,15	28,23 ± 0,09
белок (protein)	19,40 ± 0,22	20,64 ± 0,34	21,40 ± 0,30
жир (fat)	6,27 ± 0,30	5,92 ± 0,26	5,71 ± 0,21
зола (ash)	1,02 ± 0,04	1,06 ± 0,03	1,12 ± 0,02
Энергетическая ценность, кДж Energy value, kJ	560,24 ± 0,54	567,81 ± 0,25	580,10 ± 0,47

Таблица 6.

Функционально-технологические свойства мяса кроликов

Table 6.

Functional and technological properties of rabbit meat

Показатель Indicator	Группа Group		
	1-я группа (контрольная) Group 1 (control)	2-я группа (опытная 1) Group 2 (experiment 1)	3-я группа (опытная 2) Group 3 (experiment 2)
ВСС, % МАА, %	60,0 ± 0,51	61,22 ± 0,54	63,55 ± 0,62
ВУС, % МНС, %	58,50 ± 0,11	59,50 ± 0,15	61,50 ± 0,09
ЖУС, % FHC, %	61,15 ± 0,49	62,85 ± 0,41	66,33 ± 0,67

Проведенная производственная апробация в условиях промышленного комплекса

(ООО «Липецкий кролик») и расчет экономической эффективности показал, что используемые

дозировки пробиотического комплекса «Споротермин» (0,6 и 1,0 г/ кг комбикорма) позволили снизить затраты комбикорма на 1 кг прироста живой массы на 1,42 и 1,39 ЭКЕ соответственно. Было достигнуто увеличение прибыли на 3616,0 и 3478,7 р. и уровня рентабельности на 12% по отношению к контрольной группе (23%).

Заключение

Применение пробиотического комплекса «Споротермин» в дозировке 1,0 г/кг комбикорма оказало положительное влияние на интенсивности роста и физиологический статус организма, а также технологические свойства и пищевую ценность мяса кроликов.

Литература

- 1 Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. Москва: КолосС, 2004. 571 с.
- 2 Антипова Л.В., Попова Я.А. Развитие ассортимента пищевых продуктов на основе мяса кроликов // В сборнике: материалы LVI отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2017 год. Часть 1. 2018. С. 74.
- 3 Курчаева Е.Е., Востроилов А.В., Артемов Е.С. Повышение мясной продуктивности и физиологического статуса кроликов на фоне применения пробиотических добавок // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2018. № 2 (11). С. 112–121.
- 4 Kurchaeva E.E., Vostroilov A.V., Artemov E.S., Kashirina N.A. et al. Probiotic preparation to increase meat productivity and physiological status of the rabbits // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. V. 9. № 5. P. 2239–2247.
- 5 Воробьев А.В. Ветеринарно-санитарные показатели мяса кроликов под влиянием экспериментальных биопрепаратов // Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2012. № 1 (7). С. 210–215.
- 6 Веремеева С.А., Сидорова К.А. Морфологическая оценка структуры желудка кроликов и их мясной продуктивности // Аграрный научный журнал. 2015. № 9. С. 14–16.
- 7 Wang J., Li G., Chen S., Jia X. et al. A novel single nucleotide polymorphism of the pou1f1 gene associated with meat quality traits in rabbits // Annals of Animal Science. 2015. V. 15. № 3. P. 611–620.
- 8 Palazzo M., Vizzarri F., Nardoia M., Casamassima D. et al. Dietary lippia citriodora extract in rabbit feeding: effects on quality of carcass and meat // Archiv fur Tierzucht. 2015. V. 58. № 2. P. 355–364.
- 9 Sarbatova N.Yu., Frolov V.Yu., Ruleva T.A., Sycheva O.V. et al. Complex assessment of meat efficiency and quality of meat rabbit breed “CHINCHILLA” // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2017. V. 8. № 1. P. 1091–1095.
- 10 Iztelieva R.A., Baibolova L.K., Toktamyssova A.B., Nurmukhanbetova D.E. et al. The influence of a preparation of ekofiltrum on quality of rabbit's meat // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2015. V. 6. № 5. P. 506–509.
- 11 Мансуров А.П., Шуварин М.В., Шуварина Н.А. Проблемы производства экологически чистой сельскохозяйственной продукции // Вестник НГИЭИ. 2017. № 7 (74). С. 124–131.

References

- 1 Antipova L.V., Glotova I.A., Rogov I.A. Methods of research of meat and meat products. Moscow, KolosS, 2004. 571 p. (in Russian).
- 2 Antipova L.V., Popova Ya.A. Development of a range of foods based on meat rabbits. In the book: proceedings of the LVI reporting scientific conference of teachers and researchers VSUET for 2017. Part 1. 2018. pp. 74. (in Russian).
- 3 Kurchaeva E.E., Vostroilov A.V., Artemov E. With the Increase in meat productivity and physiological status of the rabbits on the background of the use of probiotic supplements. Technology and merchandising of agricultural products. 2018. no. 2 (11). pp. 112–121. (in Russian).
- 4 Kurchaeva E.E., Vostroilov A.V., Artemov E.S., Kashirina N.A. et al. Probiotic preparation to increase meat productivity and physiological status of the rabbits. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. vol. 9. no. 5. pp. 2239–2247.
- 5 Vorobyov A.V. Veterinary and sanitary indicators of rabbit meat under the influence of experimental biological products. Russian journal of veterinary sanitation, hygiene and ecology. 2012. no. 1 (7). pp. 210–215. (in Russian).
- 6 Veremeyeva S.A., Sidorova K.A. Morphological evaluation of the structure of the stomach of rabbits and their meat productivity. Agricultural science magazine. 2015. no. 9. pp.14–16. (in Russian).
- 7 Wang J., Li G., Chen S., Jia X. et al. A novel single nucleotide polymorphism of the pou1f1 gene associated with meat quality traits in rabbits. Annals of Animal Science. 2015. vol. 15. no. 3. pp. 611–620.
- 8 Palazzo M., Vizzarri F., Nardoia M., Casamassima D. et al. Dietary lippia citriodora extract in rabbit feeding: effects on quality of carcass and meat. Archiv fur Tierzucht. 2015. vol. 58. no. 2. pp. 355–364.
- 9 Sarbatova N.Yu., Frolov V.Yu., Ruleva T.A., Sycheva O.V. et al. Complex assessment of meat efficiency and quality of meat rabbit breed “CHINCHILLA”. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2017. vol. 8. no. 1. pp. 1091–1095.
- 10 Iztelieva R.A., Baibolova L.K., Toktamyssova A.B., Nurmukhanbetova D.E. et al. The influence of a preparation of ekofiltrum on quality of rabbit's meat. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2015. vol. 6. no. 5. pp. 506–509.
- 11 Mansurov A.P., Shuvarin M.V., Shuvarina N.A. Problems of production of environmentally friendly agricultural products. Bulletin NGIEI. 2017. no. 7 (74). pp. 124–131. (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@ya.ru

 <https://orcid.org/Место для ввода текста>.

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, alexandervostroilov@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1626-5735>

Лариса И. Лыткина 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, larissaig2410@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2033-6751>

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@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5958-0909>

Вклад авторов

Евгения С. Шенцова предложила методику проведения эксперимента

Александр В. Востроиллов написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Лариса И. Лыткина консультация в ходе исследования

Елена Е. Курчаева обзор литературных источников по исследуемой проблеме, выполнила расчёты

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Evgenia 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@ya.ru

 <https://orcid.org/Место для ввода текста>.

Alexander V. Vostroilov Dr. Sci. (Agric.), professor, head of private animal science department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, alexandervostroilov@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1626-5735>

Larisa I. Lytkina 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, larissaig2410@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2033-6751>

Elena E. Kurchaeva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, doctoral student of private animal science department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, alena.kurchaeva@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5958-0909>

Contribution

Evgenia S. Shentsova proposed a scheme of the experiment

Alexander V. Vostroilov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Larisa I. Lytkina consultation during the study

Elena E. Kurchaeva review of the literature on an investigated problem, performed computations

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 04/06/2019	После редакции 15/07/2019	Принята в печать 07/08/2019
Received 04/06/2019	Accepted in revised 15/07/2019	Accepted 07/08/2019

Оптимизация рецептурного состава пшеничного хлеба с применением переработанного растительного сырья

Елена А. Кузнецова	¹	kea1985.1985@mail.ru	 0000-0001-7826-4741
Сергей А. Мордвинкин	¹	sergej-mordvinkin@ya.ru	 0000-0002-4781-5560
Елена А. Зенина	¹	lenssara@mail.ru	 0000-0002-0328-7348

¹ Волгоградский государственный аграрный университет, пр-т Университетский, 26, г. Волгоград, 400002, Россия

Аннотация. Рассмотрена возможность использования муки тигрового ореха (чуфа) при производстве пшеничного хлеба. В ходе эксперимента производились пробные выпечки хлеба с различной дозировкой муки тигрового ореха и пшеничной. Были исследованы показатели смесей муки тигрового ореха и пшеничной муки первого сорта в соотношениях 5:95; 10:90; 15:85. Исследования проводились в условиях лаборатории кафедры «Технология хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественное питание» Волгоградского государственного аграрного университета. В ходе эксперимента изучались: проблемы в хлебопекарной отрасли на современном этапе; география произрастания, урожайность и качество тигрового ореха; химический состав тигрового ореха и муки, полученной из него; влияние тигрового ореха на здоровье и самочувствие человека; органолептические показатели качества хлеба; физико-химические показатели качества хлеба; изменение хлебопекарных свойств пшеничного хлеба при добавлении муки тигрового ореха. В результате проведенного исследования была установлена возможность производства пшеничного хлеба с использованием муки тигрового ореха, а также установлена оптимальная дозировка муки тигрового ореха и пшеничной муки, позволяющая получать хлеб с высокими органолептическими и физико-химическими показателями.

Ключевые слова: пшеничный хлеб, тигровый орех, мука, качество, органолептические показатели, физико-химические показатели, хлебопекарные свойства.

Optimization of the recipe ingredients wheat bread with recycled plant material

Elena A. Kuznetsova	¹	kea1985.1985@mail.ru	 0000-0001-7826-4741
Sergei A. Mordvinkin	¹	sergej-mordvinkin@ya.ru	 0000-0002-4781-5560
Elena A. Zenina	¹	lenssara@mail.ru	 0000-0002-0328-7348

¹ Volgograd State Agrarian University, University Av., 26 Volgograd, 400002, Russia

Abstract. The possibility of using tiger nut flour (chuf) in the production of wheat bread is considered. During the experiment, trial baking of bread with different dosage of tiger nut flour and wheat flour was carried out. The parameters of mixtures of tiger flour and wheat flour of the first grade in the ratios were studied 5:95; 10:90; 15:85. The research was carried out in the laboratory of the Department "technology of storage and processing of agricultural raw materials and flour public catering" of Volgograd state agrarian University. During the experiment were studied: problems at the present stage in the baking industry; geography of growth, yield and quality of tiger nut; chemical composition of tiger nut and flour derived from it; the impact of tiger nut on human health and well-being; organoleptic indicators of bread quality; physico-chemical indicators of bread quality; change in baking properties of wheat bread with the addition of tiger nut flour. As result of the study, the possibility of producing wheat bread using tiger nut flour was established, as well as the optimal dosage of tiger nut flour and wheat flour allowing to obtain bread with high organoleptic and physico-chemical parameters.

Keywords: wheat bread, tiger nut, flour, quality, organoleptic characteristics, physical and chemical parameters, baking properties

Введение

Хлеб и хлебобулочные изделия относятся к продуктам повседневного спроса. Сейчас на российском рынке хлеба присутствуют как традиционные виды хлеба – пшеничный, пшенично-ржаной, ржаной, цельнозерновой, так и формирующаяся в последние годы премиальная категория – хлебобулочные изделия с ограниченным сроком хранения, содержанием минералов и органических элементов, низкокалорийные сорта и т. п. Из новейших тенденций развития хлебного рынка эксперты называют рост интереса к производству обогащенных и лечебно-

профилактических продуктов. Сейчас производство хлеба и хлебобулочных изделий с полезными добавками в нашей стране развито недостаточно. Расширение ассортимента хлебобулочных изделий диетического и профилактического назначения является одной из важнейших задач в хлебопечении [7, 8].

Одной из перспективных культур, способной повысить питательную ценность и диетические свойства хлеба, может стать тигровый орех (чуфа) и полученная из него мука. Тигровый орех – многолетнее травянистое растение, клубни которого употребляются в пищу. Родиной чуфы считается Средиземноморье и Северная Африка [9].

Для цитирования

Кузнецова Е.А., Мордвинкин С.А., Зенина Е.А. Оптимизация рецептурного состава пшеничного хлеба с применением переработанного растительного сырья // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 64–69. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-64-69

For citation

Kuznetsova E.A., Mordvinkin S.A., Zenina E.A. Optimization of the recipe ingredients wheat bread with recycled plant material. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 64–69. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-64-69

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Клубеньки употребляют в свежем виде, варят, жарят, изготавливают масло, кофе, конфеты, халву, мороженое и перерабатывают в муку. Мука из тигрового ореха сейчас активно используется для приготовления кондитерских изделий, хлопьев, мюсли и печенья. Сладковато-ореховый вкус муки может подойти и для использования в хлебопечении. Природная сладость этого продукта позволяет сократить или полностью убрать количество сахара в рецептуре хлебобулочных изделий и тем самым повысить диетические свойства продукции. Мука из тигрового ореха по своим свойствам гораздо грубее, чем традиционная пшеничная, и по данной причине способствует получению хлебобулочных изделий с более грубой текстурой. В свою очередь, существующая грубость муки тигрового ореха связана с большим количеством клетчатки, что способствует снижению уровня холестерина в организме человека,

а также улучшению перистальтики желудочно-кишечного тракта. Стоит отметить, что мука тигрового ореха богата полезными для здоровья незаменимыми липидами, аминокислотами, витаминами А, В, С, кальцием, железом, фосфором, кальцием, магнием, калием, цинком, медью, селеном, йодом. По питательной ценности мука тигрового ореха превосходит муку из арахиса, более чем в 3 раза [9–12]. Из-за ценного химического состава тигровый орех рекомендуется употреблять детям школьного возраста, взрослым и пожилым людям, а также людям, страдающим диабетом. В состав тигрового ореха не входит глютен, поэтому его рекомендуют употреблять людям с непереносимостью данного белка. Результаты химического анализа состава клубней тигрового ореха представленные в таблице 1 и показывают его перспективность для использования в качестве функционального ингредиента.

Таблица 1.

Химический состав клубней тигрового ореха урожая 2017 г.

Table 1.

Chemical composition of tiger nut tubers of 2017 harvest

Компонент Ingredient		Содержание в 100 г. клубней чуфы Content in 100 g. Chufa tubers	Компонент Ingredient		Содержание в 100 г. клубней чуфы Content in 100 g. Chufa tubers
Вода, г	Water g	9,79	Минеральные вещества:	Minerals:	
Белки, г	Proteins, g	6,78	К, мг	K mg	733
Жиры, г	Fats, g	23,22	Ca, мг	Ca, mg	121
Углеводы:	Carbohydrates:		Mg, мг	Mg mg	92
моно- и дисахариды, г	mono- and disaccharides, g	19,8	Р, мг	P mg	239
крахмал, г	starch, g	26,5	Витамины:	Vitamins:	
клетчатка, г	fiber, g	12,36	Е, мг	E mg	21,6
Фруктоза, в % на СВ	Fructose, % on DM	0,05	В1, мг	B1 mg	6,9
Глюкоза, в % на СВ	Glucose, % on DM	0,14	В2, мг	B2 mg	5,4
Сахароза, в % на СВ	Sucrose, % on DM	19,4	С, мг	C mg	2,5
Зола, г	Ash, g	4	Энергетическая ценность, кДж	Energy value, kJ	1804

Количество водорастворимых веществ, проявляющих антиоксидантную активность, в клубнях тигрового ореха на 30% больше, чем в пшеничной муке первого сорта. Клубни тигрового ореха не содержат глютена (могут применяться в производстве безглютеновых продуктов), а высокое содержание К, Са, Р, полиненасыщенных жирных кислот (12,5% от общего количества липидов) и витамина Е делает их перспективным сырьем для создания продуктов, способствующих снижению уровня

холестерина в крови, профилактике сердечно-сосудистых заболеваний и др. [5,6].

Тигровый орех не прихотлив к условиям выращивания: растет почти во всех почвенно-климатических зонах РФ. Однако хороший урожай можно получить, только на умеренно влажной почве, без избытка и недостатка влаги. В 30-х годах XX столетия под посевами в бывшем СССР было занято 413 га. На сегодняшний день – это малораспространенная и незаслуженно забытая культура, способная давать урожай сухих клубеньков 6,5–9,5 т/га [11,12].

Отсутствие в муке тигрового ореха белков, способных образовывать массу, подобную клейковине пшеницы, накладывает определённые трудности в её использовании при выработке хлебобулочных изделий. Однако в муке содержится высокое количество жиров, которые способствуют улучшению реологических свойств теста в результате их окисления под действием липоксигеназы муки с образованием перекисных соединений, усиливающих окисление в тесте сульфгидритных групп белково-протеиназного комплекса муки. А это приводит к тому, что тесто быстрее замешивается, свойства клейковины улучшаются, и с таким тестом удобнее работать. Кроме этого, увеличивается способность клейковинных пленок теста растягиваться без разрыва под давлением газовых пузырьков, и, как следствие, – повышение газодерживающей способности теста. Следует отметить, что содержащиеся в муке тигрового ореха липиды повышают пищевую и энергетическую ценность хлеба.

Цель исследования – изучение возможности использования муки тигрового ореха при производстве диетического хлеба. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- изучение влияния муки тигрового ореха на органолептические показатели качества хлеба;

- изучение влияния муки тигрового ореха на физико-химические показатели качества хлеба;

- изучение хлебопекарных свойств пшеничного хлеба при смешивании с мукой тигрового ореха;

- определение оптимальной дозировки муки тигрового ореха.

Материалы и методы

В лаборатории кафедры «Технология хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественное питание» Волгоградского ГАУ проводились исследования по определению влияния различных дозировок муки тигрового ореха на качество и пищевую ценность хлеба из пшеничной муки первого сорта. Для изучения влияния муки тигрового ореха на качество хлеба производились пробные выпечки.

Были исследованы показатели смесей муки тигрового ореха и пшеничной муки первого сорта в соотношениях 5:95; 10:90; 15:85.

Органолептические показатели качества хлеба определяли после остывания хлебобулочных изделий по ГОСТ 5667–65. Определение влажности хлеба проводилось по ГОСТ 21094 – 75; пористости – по ГОСТ 5669–96; кислотности – по ГОСТ 5670–96.

Результаты и обсуждение

Органолептические показатели качества хлеба с добавлением муки тигрового ореха приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Органолептические показатели качества хлеба

Table 2.

Organoleptic indicators of bread quality

Показатели Indicators	Соотношение: мука из тигрового ореха, % – пшеничная мука, % Ratio: tiger nut flour,% - wheat flour,%			
	0–100	5–95	10–90	85–15
Поверхность Surface	гладкая, без трещин и надрывов smooth, without cracks and tears			на поверхности мелкие трещины small cracks on the surface
Форма The form	правильная right			
Окраска Coloring	белая, равномерная white	светлая, равномерная white, uniform light, uniform	светло-желтая равномерная light yellow uniform	золотистая с о темноватым оттенком golden with a dark shade
Эластичность Elasticity	отличная excellent	хорошая good		средняя average
Аромат Scent	свойственный хлебу, без посторонних привкусов peculiar to bread, without extraneous flavors	свойственный хлебу, с легким ореховым привкусом typical of bread, with a slight nutty flavor		свойственный хлебу, с выраженным вкусом миндаля characteristic of bread, with a pronounced taste of almonds
Вкус Taste	нормальный, свойственный хлебу normal to bread		сладковатый sweetish	

Из данных таблицы 2 следует, что с увеличением количества муки тигрового ореха органолептические показатели изменялись следующим образом. При 15% тигровой муки на поверхности стали образовываться мелкие трещины и надрывы, окраска изменялась от белой, на контрольном варианте, до золотистой с темноватыми оттенками на варианте с добавлением 15% муки тигрового ореха. С увеличением доли муки тигрового ореха хлеб приобретал более выраженный аромат миндаля. Вкус с увеличением доли тигрового ореха становился сладковатым. Эластичность же ухудшалась: при добавлении 5, 10% муки тигрового ореха она была хорошей, то при 15% она заметно снизилась и стала средней.

С увеличением количества вносимой муки тигрового ореха изменяется как внешний вид, так и физико-химические свойства данного вида изделий (таблице 3).

Таблица 3.

Физико-химические показатели хлеба, обогащенного мукой тигрового ореха

Table 3.

Physical and chemical parameters of bread enriched with tiger nut flour

Физико-химические показатели Indicators	Соотношение: мука из тигрового ореха – пшеничная мука, % Ratio: tiger nut flour – wheat flour,%			
	0–100	5–95	10–90	15–85
Влажность, % Humidity %	52	49	47	46
Кислотность, град Acidity, degrees	3,0	3,1	3,2	3,2
Пористость, % Porosity, %	60	64	66	67

Согласно данным таблицы 3 можно сделать вывод о том, что по физико-химическим показателям хлеб с добавлением от 5–15% муки тигрового ореха соответствовал нормам. С увеличением количества муки тигрового ореха изделия получались более сухими. Хлеб с добавлением 15% муки тигрового ореха имел влажность на 6% ниже, чем обычный пшеничный хлеб. Показатель кислотности не претерпел значительных изменений и варь-

ровался в пределах 3,0–3,2 град, а вот пористость и структура заметно увеличились. При добавлении 5% муки тигрового ореха она составила 64%, при 10% – 66%, и при 15% – 67%.

В процессе выпечки шло изменение хлебопекарных свойств хлеба при смешивании с мукой из тигрового ореха (таблица 4).

Таблица 4.

Изменение хлебопекарных свойств пшеничного хлеба при смешивании с мукой из тигрового ореха

Table 4.

Change of baking properties of wheat bread when mixed with tiger nut flour

Хлебопекарные свойства Baking properties	Соотношение: мука из тигрового ореха – пшеничная мука, % Ratio: tiger nut flour – wheat flour,%			
	0–100	5–95	10–90	85–15
Упек, %	6,9	6,7	6,4	5,8
Усушка, % Shrink%	5,4	4,7	3,8	3,3
Выход хлеба, г Yield of bread, g	148	150	151	153

Из данных таблицы 4 следует, что величина упека снижалась с 6,9 до 5,8% с увеличением доли муки из тигрового ореха. Процесс усушки начинается сразу же после выхода хлеба из печи, он может увеличиваться постепенно с охлаждением и хранением хлеба. В нашем случае усушка, как и упек, снижалась.

У пшеничного хлеба усушка составила 5,4% и снизилась до 3,3% при добавлении 15% муки из тигрового ореха. Выход хлеба же увеличивался с добавлением муки из тигрового ореха со 148 до 153 г.

Заключение

Исходя из органолептических и физико-химических показателей качества хлеба, а также хлебопекарных свойств можно сделать вывод, что оптимальным вариантом является добавление 10% муки из тигрового ореха с повышенной биологической ценностью, без злоупотребления количеством нового ингредиента в рецептуре.

Литература

- 1 Ефремова Е.Н. Совершенствование рецептуры пшеничного хлеба с добавками, обладающими функциональными и технологическими свойствами // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2015. № 4 (40). С. 207–213.
- 2 Жаркова И.М. Научно-практическое обоснование и разработка технологий специализированных мучных изделий: автореф. дис. доктора техн. наук. Краснодар, 2017. 48 с.
- 3 Жаркова И.М., Мирошников Л.А., Кликонов А.А. Земляной миндаль – перспективное сырье для производства мучных кондитерских изделий, обладающих функциональной направленностью // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2013. № 1 (2). С. 26–30.
- 4 Мордвинкин С.А. Возможность использования ячменной муки при производстве пшеничного хлеба // Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях: материалы международной практической конференции ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. Волгоград, 2016. С. 80–84.
- 5 Мордвинкин С.А. Возможность производства орехового масла из тигрового ореха (Чуфы) // Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию окончания Сталинградской битвы ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. Волгоград, 2018. С. 80–84.
- 6 Мордвинкин С.А. Совершенствование рецептуры пшеничного хлеба путем добавления рисовой муки // Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО: материалы международной конференции. Волгоград, 2014. Т. 1. С. 450–453.
- 7 Павленко В.Н., Мордвинкин С.А., Филин И.И. Использование тигрового ореха при производстве халвы // Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию окончания Сталинградской битвы ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. Волгоград, 2018. С. 12–18.
- 8 Фролова А.Т. О выращивании огородной культуры (чуфы) на садовом участке // Наука и жизнь. 1987. № 5. С. 133–135.
- 9 Шишкин Б.К. Сыть *Cyperus* // Флора СССР. 1935. Т. 3. С. 21–22.
- 10 Rubert J., Hurkova K., Stranska M., Hajslova J. Untargeted metabolomics reveals links between Tiger nut (*Cyperus esculentus* L.) and its geographical origin by metabolome changes associated with membrane lipids // Food Additives & Contaminants: Part A. 2018. V. 35. № 10. P. 1861–1869.
- 11 Roselló-Soto E., Poojary M.M., Barba F.J., Lorenzo J.M. et al. Tiger nut and its by-products valorization: From extraction of oil and valuable compounds to development of new healthy products // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2018. V. 45. P. 306–312.
- 12 Suleiman M.S., Olajide J.E., Omale J.A., Abbah O.C. et al. Proximate composition, mineral and some vitamin contents of tigernut (*Cyperus esculentus*) // Clinical Investigation. 2018. V. 8. № 4. P. 161–165.

References

- 1 Efremova E.N. Improvement of wheat bread formulation with additives having functional and technological properties. News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex. 2015. no. 4 (40). pp. 207–213. (in Russian).
- 2 Zharkova I.M. Scientific and practical justification and development of technologies of specialized flour products. Krasnodar, 2017. 48 p. (in Russian).
- 3 Zharkova I.M., Miroshnikov L.A., Klikonov A.A. Earthen almonds – promising raw materials for the production of flour confectionery products with functional direction. Economics. Innovations. Quality management. 2013. no. 1 (2). pp. 26–30. (in Russian).
- 4 Mordvinkin S.A. Possibility of using barley flour in wheat bread production. Strategic guidelines for innovative development of agro-industrial complex in modern economic conditions: materials of the International Practical Conference of FSBOU VO Volgograd GAU. Volgograd, 2016. pp. 80–84. (in Russian).
- 5 Mordvinkin S.A. Possibility of production of nut oil from tiger nut (Chufa). World scientific and technological trends of socio-economic development of agricultural and rural areas: materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 75th anniversary of the end of the Stalin Battle of FSBOU in Volgograd GAU. Volgograd, 2018. pp. 80–84. (in Russian).
- 6 Mordvinkin S.A. Improving Wheat Bread Formula by Adding Rice Flour. Scientific Foundations of the Strategy for the Development of Agricultural and Rural Areas in WTO Conditions: materials of the International Conference. Volgograd, 2014. vol. 1. pp. 450–453. (in Russian).
- 7 Pavlenko V.N., Mordvinkin S.A., Filin I.I. Use of tiger nut in the production of halva. World scientific and technological trends of socio-economic development of agro-industrial and rural areas: materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 75th anniversary of the end of the Stalin Battle of FSBOU in Volgograd GAU. Volgograd, 2018. pp. 12–18. (in Russian).
- 8 Frolova A.T. On Cultivation of Garden Culture (Chufs) on the Garden Plot. Science and Life. 1987. no. 5. pp. 133–135. (in Russian).
- 9 Shishkin B.K. Syet *Cyperus*. Flora of the USSR. 1935. vol. 3. pp. 21–22. (in Russian).
- 10 Rubert J., Hurkova K., Stranska M., Hajslova J. Untargeted metabolomics reveals links between Tiger nut (*Cyperus esculentus* L.) and its geographical origin by metabolome changes associated with membrane lipids. Food Additives & Contaminants: Part A. 2018. vol. 35. no. 10. pp. 1861–1869.
- 11 Roselló-Soto E., Poojary M.M., Barba F.J., Lorenzo J.M. et al. Tiger nut and its by-products valorization: From extraction of oil and valuable compounds to development of new healthy products. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2018. vol. 45. pp. 306–312.
- 12 Suleiman M.S., Olajide J.E., Omale J.A., Abbah O.C. et al. Proximate composition, mineral and some vitamin contents of tigernut (*Cyperus esculentus*). Clinical Investigation. 2018. vol. 8. no. 4. pp. 161–165.

Сведения об авторах

Елена А. Кузнецова к. с.-х. н., доцент, кафедра технологии хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественного питания, Волгоградский государственный аграрный университет, пр-т Университетский, 26, г. Волгоград, 400002, Россия, kea1985.1985@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7826-4741>

Сергей А. Мордвинкин к.с.-х.н., доцент, кафедра технологии хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественного питания, Волгоградский государственный аграрный университет, пр-т Университетский, 26, г. Волгоград, 400002, Россия, sergej-mordvinkin@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4781-5560>

Елена А. Зенина к.с.-х.н., доцент, кафедра перерабатывающих технологий и продовольственной безопасности, Волгоградский государственный аграрный университет, пр-т Университетский, 26 г. Волгоград, 400002, Россия, lenzsara@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0328-7348>

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Elena A. Kuznetsova Cand. Sci. (Agric.), associate professor, agricultural raw materials storage and processing technology and public nutrition department, Volgograd State Agrarian University, University Av., 26 Volgograd, 400002, Russia, kea1985.1985@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7826-4741>

Sergei A. Mordvinkin Cand. Sci. (Agric.), associate professor, agricultural raw materials storage and processing technology and public nutrition department, Volgograd State Agrarian University, University Av., 26 Volgograd, 400002, Russia, sergej-mordvinkin@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4781-5560>

Elena A. Zenina Cand. Sci. (Agric.), associate professor, processing technologies and food security department, Volgograd State Agrarian University, University Av., 26 Volgograd, 400002, Russia, lenzsara@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0328-7348>

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 22/07/2019	После редакции 29/07/2019	Принята в печать 08/08/2019
Received 22/07/2019	Accepted in revised 29/07/2019	Accepted 08/08/2019

Сравнение российской оценки хлебопекарных свойств пшеницы и определение качества зерна с использованием миксолаба

Елена П. Мелешкина	¹	kachestvovniiz@mail.ru	 0000-0003-1339-7150
Наталья С. Жильцова	¹	nata007-08@mail.ru	 0000-0002-3436-6049
Светлана Н. Коломиец	¹	kolomietcs@mail.ru	 0000-0002-3130-2285
Ольга И. Бундина	¹	boi888@mail.ru	 0000-0002-7821-6042

¹ ВНИИЗ-филиал ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, Дмитровское шоссе, 11, г. Москва, 127434, Россия

Аннотация. Приведены результаты исследований качества российской мягкой пшеницы (67 образцов), выращенной в разных почвенно-климатических условиях и обладающих широким диапазоном показателей качества: количество клейковины варьировало от 5,7 (Южный федеральный округ) до 33,2% (Приволжский федеральный округ), качество клейковины – от 9 (Центральный ФО) до 128 ед. ИДК (ЮФО), число падения – от 66 до 449 с. (Приволжский ФО). Изучение реологических свойств теста осуществляли на приборе миксолаб в классическом режиме «Chopin Wheat+». По показателям профайлера (радиальная диаграмма) установлено, что исследуемое зерно характеризовалось в среднем повышенной водопоглощательной способностью, максимальной вязкостью и ретроградацией крахмала и пониженной амилолитической активностью и устойчивостью теста. Корреляционным анализом установлена тесная связь между показателями качества зерна и хлеба, особенно тесная связь с количеством клейковины. Расчет парной корреляции между показателями профайлера и качества зерна пшеницы выявил умеренную связь водопоглощения с количеством клейковины (0,466) и числом падения (0,384), устойчивости теста с качеством клейковины (-0,438), а также тесную связь вязкости, амилолитической активности и ретроградации крахмала с числом падения (0,659; 0,821 и 0,866 соответственно). Индекс «глютен+» не показал устойчивой связи ни с одним из показателей качества зерна, но имела слабая связь с числом падения. Регрессионным анализом установлена наиболее тесная криволинейная связь между крутящим моментом и числом падения на участках клейстеризации, желатинизации и ретроградации крахмала.

Ключевые слова: зерно пшеницы, мука, реологические свойства, миксолаб, индексы профайлера, корреляционный, регрессионный анализ

Comparison of Russian assessment of bakery properties of wheat and determination of grain quality using mixolab

Elena P. Meleshkina	¹	kachestvovniiz@mail.ru	 0000-0003-1339-7150
Natalya S. Zhiltsova	¹	nata007-08@mail.ru	 0000-0002-3436-6049
Svetlana N. Kolomiets	¹	kolomietcs@mail.ru	 0000-0002-3130-2285
Olga I. Bundina	¹	boi888@mail.ru	 0000-0002-7821-6042

¹ VNIIZ – branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V. M. Gorbatova RAS, 11 Dmitrovskoe highway, Moscow, 127434, Russia

Abstract. The results of quality research on the Russian soft wheat (67 samples), grown in different soil and climatic conditions and having a wide range of quality factors: the amount of gluten varied from 5.7 (Southern federal district) to 33.2% (Volga federal district), gluten quality - from 9 (Central Federal District) to 128 units. IDK (Southern Federal District), the falling-number value - from 66 to 449 s. (Volga Federal District). The rheological properties of dough were studied using the mixolab device in a classic «Chopin Wheat+» mode. According to the profiler indicators (radial chart), it was established that the test grain was characterized the average by increased water absorption capacity, maximum starch viscosity and retrogradation, as well as by reduced amylolytic activity and dough resistance. Correlation analysis established a close association of the quality factors of grain, especially of the gluten amount, with the quality factors of bread. The calculation of the pair correlation of the profiler indicators and wheat grain quality factors detected a moderate interrelation of water absorption with the gluten amount (0.466) and falling-number value (0.384), of the dough resistance with the gluten quality (-0.438), as well as a strong interrelation of the starch viscosity, amylolytic activity and retrogradation with the falling-number value (0.659; 0.821 and 0.866, respectively). There was not detected a stable interrelation of the «gluten +» index with any of the grain quality factors, but there was a loose correlation of this index with the falling-number value. Regression analysis established the strongest curvilinear relationship between the torque and the falling-number value in the areas of the starch gelatinization, jellification and retrogradation.

Keywords: wheat grain, flour, rheological properties, mixolab, profiler indices, correlation, regression analysis

Введение

В настоящее время в РФ остро стоит вопрос товарного производства сильной и ценной по качеству пшеницы как сырья для производства качественной хлебопекарной продукции. При этом годность сырья должна определяться уже на этапе производства зерна. Как известно,

прямым методом оценки хлебопекарных свойств зерна является пробная лабораторная выпечка хлеба, все остальные методы – косвенные, более или менее приблизительно оценивающие важные для готового продукта свойства.

При этом чем ближе продукт переработки зерна к готовому продукту, тем более

Для цитирования

Мелешкина Е.П., Жильцова Н.С., Коломиец С.Н., Бундина О.И. Сравнение российской оценки хлебопекарных свойств пшеницы и определение качества зерна с использованием миксолаба // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 70–80. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-70-80

For citation

Meleshkina E.P., Zhiltsova N.S., Kolomiets S.N., Bundina O.I. Comparison of Russian assessment of bakery properties of wheat and determination of grain quality using mixolab. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 70–80. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-70-80

достоверной можно считать его оценку качества для прогнозирования качества хлеба. Иными словами, определение свойств муки лучше характеризует свойства готового продукта по сравнению с зерном, а определение реологических свойств теста ещё более объективно позволяет прогнозировать качество хлеба, чем определение свойств муки.

Для оценки качества зерна и муки по реологическим свойствам теста в настоящее время применяют широкий ряд приборов – это приборы типа альвеограф, фаринограф, валориграф, экстенсограф, миксограф, амилограф и др [1]. Однако все эти приборы определяют реологические свойства теста уже на стадии мучного продукта и не позволяют осуществлять оценку хлебопекарных свойств пшеницы на ранних этапах – этапах работы с зерном.

Вследствие этого актуальным является исследование возможности определения хлебопекарных свойств пшеницы по реологическим свойствам теста приборным методом на этапе поступления зерна на мукомольное предприятие. В последние годы созданы такие приборы, которые позволяют проводить оценку хлебопекарных свойств не только муки, но и зерна. К ним относится миксолаб (фирмы «Chopin», Франция) [2–6]. Вследствие отсутствия отечественных аналогов такого прибора существует актуальная задача оценить возможность его применения для определения хлебопекарных свойств зерна российской пшеницы.

Цель исследования – изучить возможность применения нового прибора миксолаба для оценки хлебопекарных свойств зерна и муки из российской пшеницы и выявить взаимосвязь между зарубежной и отечественной системами оценки качества пшеницы. Для достижения этой цели необходимо поэтапное исследование. Выявляли связи российских показателей качества зерна пшеницы с показателями миксолабограммы и профайлера (круговой диаграммы) миксолаба [7–14].

Материалы и методы

Исследовано качество 67 проб зерна мягкой пшеницы из следующих экономических районов: Центрального (Московская, Орловская области), Центрально-Черноземного (Липецкая, Курская области), Северо-Кавказского (Краснодарский, Ставропольский края), Поволжского (Волгоградская, Пензенская, Саратовская области, Республики Татарстан, Удмуртия, Башкортостан), Уральского (Оренбургская область), Западно-Сибирского (Алтайский край).

Пшеница выращена в различных агроклиматических условиях при климате: умеренно-континентальном (Московская, Орловская, Саратовская области, Ставропольский края), атлантико-континентальном (Липецкая, Курская области), континентальном (Оренбургская область), засушливом, с резко выраженной континентальностью (Волгоградская область), умеренном, переходном к континентальному (Алтайский край), резко-континентальном (Новосибирская область), влажном субтропическом, средиземноморском (Краснодарский край), переходным от морского к умеренно-континентальному (Калининградская область).

Пшеница выращена на почвах: центральных, южных, предкавказских, карбонатных и выщелоченных, обыкновенных черноземных, каштановых, нечерноземных, серых лесных; в зонах лесных, лесостепных, степных, полупустынных, субтропических.

Все пробы зерна исследованы по стандартизированным показателям качества в соответствии с национальным стандартом ГОСТ 9353–2016 «Пшеница. Технические условия». Как видно из таблицы 1, значения показателей охватывали широкий диапазон качества, в том числе по показателям хлебопекарных свойств представлены все возможные и характерные для российского зерна значения. Так, количество клейковины изменялось от 5,7 до 33,2%, качество – от 9 до 128 ед. ИДК, число падения – от 66 до 449 с.

Таблица 1.

Показатели качества зерна мягкой пшеницы урожая 2007–2009 гг.

Table 1.

Quality indicators of grain of soft wheat crops 2007–2009

Федеральный округ Federal District	Количество клейковины, % Gluten quantity, %	Качество клейковины, ед. ИДК Gluten quality, units IDK	Число падения, с Falling- number value, s	Натура, г/л Test value, g/l	Стекловидность общая, % Overall vitreosity, %	Содержание зёрен, поврежденных клопом- черепашкой, % The content of grain damaged by corn-bug, %	Класс зерна Statutory grade
1	2	3	4	5	6	7	8
Центральный Central	21,5 10,3–30,3	49 9–88	365 172–448	790 739–823	65 52–78	2,8 0–10,2	3,8 3–5
Южный South	23,3 5,7–31,8	70,5 14–128	267 142–391	781 650–813	64 11–91	9,9 2,6–22,6	3,5 3–5
Приволжский Volga	23,5 11–33,2	50 15–85	325 66–449	784 743–823	69 40–95	3,5 0–6,7	3,4 1–5

1	2	3	4	5	6	7	8
Сибирский Siberian	<u>27,9</u> 24,4–30,5	<u>63</u> 54–73	<u>276</u> 155–370	<u>770</u> 738–786	<u>63</u> 56–76	0	<u>2,7</u> 2–3
Северо- Западный Northwestern	<u>24,0</u> 20,9–25,9	<u>65</u> 56–73	<u>261</u> 216–314	<u>791</u> 765–818	<u>59</u> 38–89	<u>0,5</u> 0,1–0,8	<u>3,3</u> 3–4
Все округа All districts	<u>23,0</u> 5,7–33,2	<u>54</u> 9–128	<u>324</u> 66–449	<u>785</u> 660–823	<u>66</u> 11–95	<u>4,1</u> 0–22,6	<u>3,5</u> 1–5

Среднее значение количества клейковины в зерне пшеницы составило 23%, что соответствует нижней границе 3-го класса – наиболее распространенному значению этого показателя для продовольственной пшеницы, идущей на хлебопекарный помол в России. Большинство проб зерна по показателю количества клейковины относилось к основным классы продовольственной пшеницы России – 3-й (от 22,5 до 27,4%) и 4-й (от 17,5 до 22,4%), несколько

меньше – ко 2-му (от 27,5 до 31,4%) и пшенице 5-го класса с количеством клейковины до 17,5%.

Результаты и обсуждение

Все пробы зерна пшеницы проанализированы на миксолабе в классическом режиме «Chopin Wheat+» [15]. Широкому диапазону качества российского зерна соответствовали значения показателей миксолабограммы (таблица 2).

Таблица 2.

Значения показателей миксолабограммы шрота из зерна пшеницы в режиме «Chopin Wheat+»

Table 2.

The values of the indicators of myxolabogram meal from wheat grains in the mode "Chopin Wheat +"

Точка-участок миксограммы Mixolabogram plot point	Показатель миксолаба Mixolab indicator	Среднее значение Average value	Минимальное значение Minimum value	Максимальное значение Maximum value
C1 – замес при 30° C C1 – kneading at 30° C	Время, τ_{c1} Time, τ_{c1}	5,04	1,62	9,35
	Крутящий момент, Н · м Torque, N · m	1,10	1,05	1,15
	Температура теста, t_{c1} Dough temperature, t_{c1}	30,80	29,30	33,40
C2 – замес при нагреве C2 – kneading under heat	Время, τ_{c2} Time, τ_{c2}	17,20	15,88	18,30
	Крутящий момент, Н · м Torque, N · m	0,41	0,15	0,58
	Температура теста, t_{c2} Dough temperature, t_{c2}	58,30	53,90	61,60
C3 – клейстеризация C3 – gelatinization	Время, τ_{c3} Time, τ_{c3}	22,32	21,20	23,27
	Крутящий момент, Н · м Torque, N · m	1,82	1,22	2,23
	Температура теста, t_{c3} Dough temperature, t_{c3}	78,60	74,10	83,10
C4 – желатинизация C4 – jellification	Время, τ_{c4} Time, τ_{c4}	30,10	23,68	35,47
	Крутящий момент, Н · м Torque, N · m	1,17	0,15	1,76
	Температура теста, t_{c4} Dough temperature, t_{c4}	86,80	75,30	89,60
C5 – ретроградация крахмала C5 – starch retrogradation	Время, τ_{c5} Time, τ_{c5}	45,04	45,02	45,05
	Крутящий момент, Н · м Torque, N · m	1,92	0,20	2,89
	Температура теста, t_{c5} Dough temperature, t_{c5}	56,20	54,10	58,10

Анализ полученных показателей профайлера на миксолабе (таблица 3) показал, что российское зерно характеризуется в среднем повышенной водопоглотительной способностью, максимальной вязкостью и ретроградацией крахмала и пониженной амилолитической активностью и устойчивостью теста.

Обобщение данных не позволило выявить какой-либо простой зависимости между показателями качества зерна и данными профайлера миксолаба (таблица 4).

Значения показателей профайлера для шрота из зерна пшеницы в режиме «Chopin Wheat +», балл

Table 3.

Values of the profiler for a meal of wheat grains in the mode "Chopin Wheat +", grade

Показатель Indicator	Среднее значение Average value	Минимальное значение Minimum value	Максимальное значение Maximum value
Водопоглощение, ВПС Water absorption	8,3	1	9
Устойчивость теста, С Dough resistance, C	4,7	1	7
Глютен+, G Gluten +, G	4,0	1	8
Максимальная вязкость, v Maximum viscosity, v	5,4	1	9
Амилолитическая активность Amylolytic activity	6,5	3	9
Петроградация крахмала Starch retrogradation	6,8	2	9

Таблица 4.

Показатели качества зерна пшеницы

Table 4.

Indicators of the quality of wheat grain

Шифр пробы Sample code	Количество клейковины, % Gluten quantity, %	Качество клейковины, ед. ИДК Gluten quality, units IDK	Число падения, с Falling-number value, s	Показатели профайлера, балл Profiler indicators, grade					
				ВПС Water absorption	Устойчивость теста Dough resistance	«Глютен+» Gluten +	Максимальная вязкость Maximum viscosity	Амилолитическая активность Amylolytic activity	Петроградация крахмала Starch retrogradation
48-9	5,4	128	174	8	1	6	1	4	3
35-9	10,3	9	331	8	6	8	5	6	9
34-9	16,7	48	258	9	5	3	3	5	6
23-9	20,8	70	344	8	4	4	6	7	8
37-7	23,0	68	342	9	6	3	6	6	7
33-9	25,1	50	401	9	7	5	5	7	8
43-9	25,3	61	169	9	4	1	2	3	3

На рисунке 1 видно, что диапазон числа падения (66 – 349 с), соответствовавший 4 баллам амилолитической активности профайлера, включал

в себя диапазоны, соответствовавшие 3 (142 – 232 с) и 5 (245 – 307 с) баллам, частично – 6 (от 243 с), 7 (от 271 с) и 8 (от 322 с) баллам.

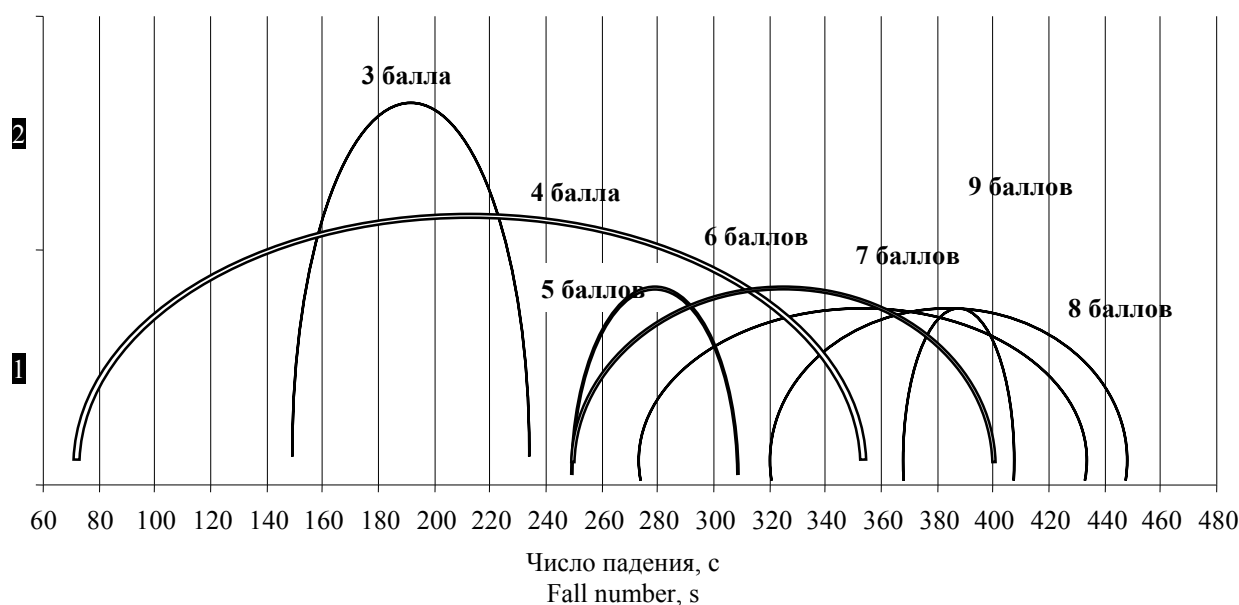


Рисунок 1. Распределение значений числа падения и баллов профайлера по показателю амилолитической активности

Figure 1. Distribution of fall numbers and profiler points in terms of amylolytic activity

Из зерна пшеницы после односортного лабораторного помола 70%-ного выхода выпечен хлеб в соответствии со стандартным методом пробной лабораторной выпечки (ГОСТ 27669–88).

Корреляционным анализом установлена тесная связь между показателями качества зерна и хлеба, которая имеется даже на уровне линейной зависимости. Особенно тесная связь показателей качества хлеба отмечена с количеством клейковины – основным показателем, определяющим класс российского зерна (таблица 5).

Вследствие этого на первом этапе математической обработки проведены исследования по установлению прямой связи между показателями хлебопекарных свойств зерна, с одной стороны, и миксолобограммы и профайлера, с другой. На втором этапе математической обработки выявляли связь между комплексом показателей, а также парную нелинейную связь между показателями качества зерна, с одной стороны, и миксолобограммы и профайлера, с другой.

Расчет парной линейной связи между показателями качества зерна и данными миксолобограммы пшеницы в классическом режиме выявил (таблица 6):

- на участке 1 – слабую связь между временем и количеством клейковины и числом

падения; между крутящим моментом и качеством клейковины;

- на участке 2 – слабую связь между временем и числом падения, между крутящим моментом и качеством клейковины и числом падения, между температурой теста и числом падения;

- на участке 3 – слабую связь между крутящим моментом и качеством клейковины и значимую связь между крутящим моментом и числом падения;

- на участке 4 – тесную связь времени и крутящего момента и среднюю связь температуры теста с числом падения;

- на участке 5 – слабую связь крутящего момента с качеством клейковины и тесную парную связь крутящего момента и температуры теста с числом падения.

Таким образом, отмечена определенная связь крутящего момента с качеством клейковины на всех участках, кроме 4-го, и с числом падения – на всех участках, кроме 1-го; связь между временем и числом падения на 3 участках (C1, C2, C4) из 5; связь между температурой теста и числом падения на 3 участках (C2, C4, C5) из 5. Связь количества клейковины с показателями миксолоба практически отсутствовала, кроме слабой связи на 1-м участке со временем.

Таблица 5.

Корреляционная матрица показателей качества зерна пшеницы и хлеба (критическое значение коэффициента корреляции 0,266 при уровне значимости $\alpha = 0,05$)

Table 5.

Correlation matrix of wheat and bread grain quality indicators (critical value of the correlation coefficient 0.266 at significance level $\alpha = 0.05$)

Показатели качества Quality indicators	Класс зерна Statutory grade	Качество клейковины, ед. ИДК Gluten quality, units IDK	Количество клейковины, % Gluten quantity, %	Число падения, с Falling-number value, s
Объемный выход, см ³ /100 г муки Volumetric yield, cm ³ /100 g of flour	-0,760*	0,659*	0,841*	-0,130
Формоустойчивость Form stability	-0,310*	0,236	0,287*	0,271*
Удельный объем хлеба, г/см ³ The specific volume of bread, g/cm ³	-0,700*	0,626*	0,814*	-0,116
Общая деформация, усл. ед. приб. General deformation, conv. units of device	-0,601*	0,511*	0,737*	-0,197
Относительная упругость Relative elasticity	-0,799*	0,561*	0,873*	0,058
Отношение пластичности к упругости The ratio of plasticity to elasticity	-0,545*	0,522*	0,693*	-0,233
Пористость, % Sponginess, %	-0,670*	0,531*	0,834*	-0,078
Оценка внешнего вида хлеба, балл Assessment of the appearance of bread, grade	-0,592*	0,370*	0,767*	-0,150
Оценка мякиша, балл Crumb assessment, grade	-0,559*	0,403*	0,769*	-0,125

* Значение коэффициента корреляции выше критического

* Correlation coefficient value above critical

Расчет парной корреляции между показателями профайлера и качества зерна пшеницы выявил умеренную связь водопоглощения с количеством клейковины и числом падения, устойчивости теста – с качеством клейковины, а также тесную связь вязкости, амилотитической

активности и ретроградации крахмала с числом падения. Индекс «глютен+» не показал устойчивой связи ни с одним из показателей качества зерна, но имелась слабая связь с числом падения (таблица 7).

Таблица 6.

Корреляционная матрица показателей качества зерна пшеницы и данных миксолабограммы (критическое значение коэффициента корреляции 0,241 при уровне значимости $\alpha = 0,05$)

Table 6.

Correlation matrix of wheat grain quality indicators and mixolabogram data (critical value of the correlation coefficient 0.241 with significance level $\alpha = 0.05$)

Точка – участок миксолабограммы Mixolabogram plot point	Показатели миксолаба Mixolab indicator	Показатели качества зерна Grain quality indicators			
		Количество клейковины, % Gluten quantity, %	Качество клейковины, ед. ИДК Gluten quality, units IDK	Число падения, с Falling-number value, s	Класс зерна Statutory grade
C1 – замес при 30 °C C1 – kneading at 30 °C	Время, мин Time, τ	0,401	0,088	0,315	-0,372
	Крутящий момент, Н · м Torque, N · m	0,147	0,258	0,201	-0,139
	Температура теста, °C Dough temperature, °C	0,191	-0,005	0,068	-0,158
C2 – замес при нагреве C2 – kneading under heat	Время, мин Time, τ	0,052	0,231	-0,482	-0,058
	Крутящий момент, Н · м Torque, N · m	0,118	-0,372	0,549	-0,076
	Температура теста, °C Dough temperature, °C	0,150	0,111	-0,359	-0,237
C3 – клейстеризация C3 – gelatinization	Время, мин Time, τ	-0,231	-0,141	0,149	0,200
	Крутящий момент, Н · м Torque, N · m	-0,010	-0,365	0,684	-0,037
	Температура теста, °C Dough temperature, °C	-0,141	-0,245	0,235	-0,003
C4 – желатинизация C4 – jellification	Время, мин Time, τ	0,005	0,220	-0,694	0,087
	Крутящий момент, Н · м Torque, N · m	0,014	-0,254	0,862	-0,121
	Температура теста, °C Dough temperature, °C	0,045	0,045	-0,065	0,554
C5 – ретроградация крахмала C5 – starch retrogradation	Время, мин Time, τ	0,056	0,002	-0,019	-0,045
	Крутящий момент, Н · м Torque, N · m	-0,062	-0,346	0,857	-0,049
	Температура теста, °C Dough temperature, °C	-0,010	-0,092	0,648	0,094

* Значение коэффициента корреляции выше критического

* Correlation coefficient value above critical

Расчет множественной корреляции между показателями качества зерна пшеницы и миксолабограммы с помощью регрессионного анализа позволил установить отсутствие связи между показателями качества зерна, с одной стороны, и комплексом показателей миксолаба,

с другой стороны, кроме связи времени и крутящего момента на участке желатинизации и крутящего момента и температуры теста на участке ретроградации с показателем числа падения (таблица 8).

Таблица 7.

Корреляционная матрица показателей качества зерна пшеницы и профайлера зерна (критическое значение коэффициента корреляции равно 0,241 при уровне значимости $\alpha = 0,05$), балл

Table 7.

Correlation matrix of wheat grain quality indicators and grain profiler (the critical value of the correlation coefficient is 0.241 with a significance level of $\alpha = 0.05$), grade

Показатели Indicators	Показатели качества зерна Grain quality indicators			
	Количество клейковины, % Gluten quantity, %	Качество клейковины, ед. ИДК Gluten quality, units IDK	Число падения, с Falling-number value, s	Класс зерна Statutory grade
Водопоглощение, ВПС Water absorption	0,466*	0,274*	0,384*	-0,357*
Устойчивость теста, С Dough resistance, C	-0,100	-0,438*	0,190	0,093
Глютен +, G Gluten +, G	-0,174	-0,134	0,356*	0,115
Максимальная вязкость, v Maximum viscosity, v	-0,026	-0,253	0,659*	-0,066
Амилолитическая активность, АА Amylolytic activity, AA	-0,000	-0,228	0,821*	-0,106
Ретроградация крахмала, Re Starch retrogradation, Re	0,008	-0,274*	0,866*	-0,096

* Значение коэффициента корреляции выше критического
Correlation coefficient value above critical

Таблица 8.

Множественная корреляция числа падения пшеницы с показателями миксолабограммы

Table 8.

Multiple correlation of the fall number of wheat with indicators of mixo-labogram

Уравнение регрессии Regression equation	R-квадрат R-quadrat	Коэффициент множественной корреляции R Multiple correlation coefficient R	Критерий Фишера F F-test F	Значимость коэффициента Фишера F The significance of the Fisher's ratio F
ЧП = 343,23 – 7,21 τ_{C4} + 168,67 τ_{C4}	0,766	0,875	104,600	6,8 E-21
ЧП = -1078,33 + 106,53 τ_{C5} + 21,32 τ_{C5}	0,764	0,874	103,703	8,4 E-21

Расчет регрессионных уравнений между отдельными показателями миксолабограммы и комплексом показателей качества зерна показал, что множественная корреляция на участке С1 – замеса при постоянной температуре 30 °С – имела место между временем, с одной стороны, и количеством клейковины и числом падения, с другой, а также между крутящим моментом, с одной стороны, и качеством клейковины и числом падения, с другой. На 3 других участках (С3, С4, С5) множественная корреляция отмечена только для крутящего момента с качеством клейковины и числом падения (на участке С2 при замесе при нагреве от 30 °С также с массовой долей клейковины) (таблица 9).

С помощью регрессионного анализа весь массив данных проанализирован на наличие парной криволинейной связи между показателями

миксолабограммы и качества зерна. Уравнения такой связи при значении коэффициента корреляции выше критического приведены в таблице 10.

Установлена тесная криволинейная связь между крутящим моментом и числом падения на участках 3, 4 и 5 (клейстеризации, желатинизации и ретроградации крахмала соответственно). Причем на участках 4 и 5 (желатинизации и ретроградации крахмала) вид связи был очень близок к линейной. На участках 2 и 3 миксолабограммы эта связь была или слабой, или средней. С показателем количества клейковины крутящий момент имел связь слабую на участке 2, 3, 4 и не имел связи на участках 1 и 5. С показателем качества клейковины крутящий момент не имел тесной криволинейной связи, связь была или слабой – на участке 1, 4 и 5, или средней – на участке 2 и 3.

Таблица 9.

Множественная корреляция между показателями миксолобограммы и качества зерна

Table 9.

Multiple correlation between indicators of mixolabogram and grain quality

Точка – участок миксолобограммы Mixolabogram plot point	Переменная величина Variable	Постоянные величины: количество клейковины M, качество клейковины Q, число падения F Constants: gluten quantity M, gluten quality Q, falling-number M	Уравнение регрессии Regression equation	R-квадрат R-quadrat	Коэффициент корреляции R Correlation coefficient	Критерий Фишера F F-test	Значимость коэф-фициента Фишера F The significance of the Fisher's ratio F
C1 – замес при 30 °C C1 – kneading at 30 °C	τ_{C1}	M, F	$\tau_{C1} = 1,772 + 0,083 M + 0,004 F$	0,220	0,469	9,019	0,0004
	T_{C1}	Q, F	$T_{C1} = 1,056 + 0,0004 Q + 8E-05F$	0,132	0,363	4,866	0,011
C2 – замес при нагреве C2 – kneading under heat	T_{C2}	M, Q, F	$T_{C2} = 0,297 + 0,004 M - 0,002 Q + 0,0004 F$	0,458	0,677	17,751	1,8 E-08
C3 – клейстеризация C3 – gelatinization	T_{C3}	Q, F	$T_{C3} = 1,502 - 0,002 Q + 0,001 F$	0,548	0,740	38,802	9,2 E-12
C5 – ретроградация крахмала C5 – starch retrogradation	T_{C5}	Q, F	$T_{C5} = 0,449 - 0,006 Q + 0,006 F$	0,788	0,888	119,03	2,7 E-22

Таблица 10.

Парная криволинейная связь между показателями миксолобограммы и качества зерна

Table 10.

Paired curvilinear relationship between indicators of mixolabogram and grain quality

Точка – участок миксолобограммы Mixolabogram plot point	Переменная величина Variable	Постоянные величины: M, Q, F* Constants: M, Q, F*	Уравнение регрессии Regression equation	R-квадрат R-quadrat	Коэффициент частного отношения R Special relation ratio R
1	2	3	4	5	6
C1 – замес при 30 °C C1 – kneading at 30 °C	τ_{C1}	M	$\tau_{C1} = -0,008 M^2 + 0,404 M - 0,032$	0,214	0,463
		Q	$\tau_{C1} = -0,001 Q^2 + 0,090 Q + 2,770$	0,195	0,442
		F	$\tau_{C1} = 3E-07F^3 - 0,0002 F^2 + 0,046 F + 1,482$	0,179	0,423
	T_{C1}	Q	$T_{C1} = 3E-06Q^2 + 2E-05Q + 1,093$	0,076	0,276
	T_{C1}	F	$T_{C1} = 3E-09F^3 - 3E-06F^2 + 0,001 F + 0,989$	0,084	0,290
C2 – замес при нагреве C2 – kneading under heat	τ_{C2}	Q	$\tau_{C2} = 2E-05Q^2 + 0,003 Q + 16,942$	0,070	0,265
		F	$\tau_{C2} = 7E-06F^2 - 0,007 F + 18,573$	0,247	0,497
	T_{C2}	M	$T_{C2} = -0,001 M^2 + 0,021 M + 0,199$	0,095	0,308
		Q	$T_{C2} = -3E-05Q^2 + 0,002 M + 0,413$	0,255	0,505
		F	$T_{C2} = -2E-06F^2 + 0,001 F + 0,145$	0,332	0,576
	t_{C2}	F	$t_{C2} = 2E-05F^2 - 0,018 F + 62,02$	0,137	0,370
C3 – клейстеризация C3 – gelatinization	τ_{C3}	M	$\tau_{C1} = -0,002 M^2 + 0,078 M + 21,828$	0,106	0,326
	T_{C3}	M	$T_{C3} = -0,001 M^2 + 0,051 M + 1,349$	0,100	0,316
	T_{C3}	Q	$T_{C3} = -6E-05Q^2 + 0,003 Q + 1,841$	0,209	0,457
	T_{C3}	F	$T_{C3} = -6E-06F^2 + 0,005 F + 0,903$	0,541	0,736
	t_{C3}	M	$t_{C3} = -0,011 M^2 + 0,414 M + 75,266$	0,082	0,286
	t_{C3}	F	$t_{C3} = -3E-05F^2 + 0,022 F + 74,625$	0,070	0,265

1	2	3	4	5	6
C4 – желатинизация C4 – jellification	τ _{C4}	F	τ _{C4} = -0,020 F + 36,482	0,482	0,694
			τ _{C4} = -3E-07F ² -0,003 F + 34,328	0,493	0,702
	T _{C4}	M	T _{C4} = -0,002 M ² +0,081 M + 0,399	0,060	0,245
	T _{C4}	Q	T _{C4} = -8E-05Q ² +0,005 M + 1,198	0,108	0,329
	T _{C4}	F	T _{C4} = -8E-06F ² +0,008 F – 0,612	0,777	0,881
			T _{C4} = 0,004 F – 0,025	0,743	0,862
	t _{C4}	M	t _{C4} = -0,012 M ² +0,533 M + 81,482	0,072	0,268
	t _{C4}	F	t _{C4} = 0,014 F + 82,315	0,306	0,553
t _{C4} = -0,0001 F ² +0,080 F + 73,749			0,514	0,717	
C5 – ретроградация крахмала C5 – starch retrogradation	T _{C5}	Q	T _{C5} = -5E-05Q ² - 0,004 Q + 2,312	0,142	0,377
			T _{C5} = -0,010 Q + 2,459	0,138	0,371
	t _{C5}	F	T _{C5} = 0,006 F + 0,022	0,734	0,857
		F	t _{C5} = 0,007 F + 54,051	0,417	0,646
		F	t _{C5} = -1E-05F ² +0,014 F + 53,065	0,434	0,659

* M – количество клейковины, Q – качество клейковины, F – число падения

* M – gluten quantity, Q – gluten quality, F – falling-number value

Показатель «время» имел тесную связь только с числом падения и только на участке 4. На участке 1 время имело среднюю по значимости связь со всеми 3 показателями качества зерна, на участке 2 – слабую связь с качеством клейковины и среднюю связь с числом падения, на участке 3 – слабую связь с массовой долей клейковины.

Показатель «температура теста» не имел тесной связи ни с одним из отдельных показателей качества зерна; слабая связь отмечена с числом падения на участках 2 и 3, с количеством клейковины – на участках 3 и 4, средняя связь – с числом падения на участках 4 и 5, причем по виду близкая к линейной (таблица 10).

Заключение

По показателям миксолабограммы зерна пшеницы в классическом режиме: показатели миксолаба в классическом режиме имели линейную связь из всех показателей хлебопекарных свойств зерна практически только с числом падения; только показатель крутящего момента имел линейную связь с качеством клейковины; связь показателей миксолабограммы с количеством клейковины практически отсутствовала.

По показателям профайлера зерна пшеницы: водопоглощение (ВПС) имело умеренную связь с количеством клейковины и числом падения зерна, слабую – с качеством клейковины; устойчивость теста имела умеренную связь с качеством клейковины в зерне; максимальная вязкость, амилолитическая активность и ретроградация крахмала имели тесную связь с числом падения зерна, «глютен+» имел слабую прямую связь только с числом падения.

Из всех показателей миксолабограммы наиболее тесная криволинейная связь с показателями качества зерна отмечена для крутящего момента.

Из всех показателей качества зерна наиболее тесная криволинейная связь с показателями миксолабограммы в классическом режиме отмечена для числа падения.

Проведенный корреляционный и регрессионный анализ показал, что оценка реологических свойств теста с применением миксолаба характеризует, главным образом, углеводно-амилазный комплекс веществ зерна, т.е. показатели миксолаба зависят от состояния и свойств крахмала и активности амилолитических ферментов зерна.

Литература

- 1 Мелешкина Е.П. О новых подходах к качеству пшеничной муки // Контроль качества продукции. 2016. № 11. С. 13–18.
- 2 Мелешкина Е.П., Витол И.С., Туляков Д.Г. Современные способы оценки муки // Кондитерское и хлебопекарное производство. 2017. № 7–8 (171). С. 22–25.
- 3 Туляков Д.Г., Мелешкина Е.П., Витол И.С. Биохимические и реологические показатели в оценке хлебопекарных свойств разных видов муки // Хлебопродукты. 2017. № 6. С. 30–34.
- 4 Зиновьева Н.С. Использование прибора «Миксолаб» для определения реологических свойств пшеничного теста // Материалы II Международной студенческой научной конференции. 2018. С. 281–283.
- 5 Абуова А.Б., Байбарақ А. Современные технологии для определения физико-механических свойств растительного сырья // Инновации природообустройства и защиты окружающей среды: материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием. 2019. С. 453–458.
- 6 Кулеватова Т.Б., Андреева Л.В., Свистунов Ю.С. О качестве зерна озимой пшеницы // Хранение и переработка сельхозсырья. 2013. № 5. С. 44–47.
- 7 Кулеватова Т.Б., Андреева Л.В., Прянишников А.И., Злобина Л.Н. и др. К методике тестирования качества озимой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 6. С. 25–28.

- 8 Dubat A. Le mixolab Profiler: un outil complet pour le controle qualite des bles et des farines // Industries des Cereales. 2009. № 161. P. 11–26.
- 9 Мударисов Ф.А., Садыгова М.К., Костин В.И. Оценка влияния агротехнических приёмов возделывания озимой пшеницы на качество муки на основании реологического профиля теста // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2018. № 2. С. 50–56.
- 10 Antanas S., Alexa E., Negrea M., Guran E. et al. Studies regarding rheological properties of triticale, wheat and rye flours // J. of Horticulture, Forestry and Biotechnology. 2013. V. 17. № 1. P.345–349.
- 11 Черных И.В., Лебедев А.В. Совершенствование контроля качества муки с использованием современных информационно-измерительных систем (СОКТРЕЙД) // Хлебопродукты. 2012. № 6. С. 41–43.
- 12 Huen J., Börsmann J., Matullat I., Böhm L. et al. Pilot scale investigation of the relationship between baked good properties and wheat flour analytical values // European Food Research and Technology. 2018. V. 244. № 3. P. 481–490.
- 13 Chakraborty S.K., Tiwari A., Mishra A., Singh A. Rheological properties of refined wheat – millet flour based dough under thermo-mechanical stress // Journal of Food Science and Technology. 2015. V. 52. № 5. P. 3044–3050.
- 14 Huen J., Börsmann J., Matullat I., Böhm L. et al. Wheat flour quality evaluation from the baker's perspective: comparative assessment of 18 analytical methods // European Food Research and Technology. 2018. V. 244. № 3. P. 535–545.
- 15 ГОСТ ISO 17718–2015. Зерно и мука из мягкой пшеницы. Определение реологических свойств теста в зависимости от условий замеса и повышения температуры. М.: Стандартиформ, 2015. 31 с.

References

- 1 Meleshkina E.P. About new approaches to the quality of wheat flour. Product Quality Control. 2016. no. 11. pp. 13–18. (in Russian).
- 2 Meleshkina E.P., Vitol I.S., Tulyakov D.G. Modern methods for evaluating flour. Confectionery and bakery. 2017. no. 7–8 (171). pp. 22–25. (in Russian).
- 3 Tulyakov D.G., Meleshkina E.P., Vitol I.S. Biochemical and rheological indicators in the evaluation of the baking properties of different types of flour. Bread products. 2017. no.6. pp. 30–34. (in Russian).
- 4 Zinoviev N.S. Using the Mixolab instrument to determine the rheological properties of wheat dough. Materials of the II International Student Scientific Conference. 2018. pp. 281–283. (in Russian).
- 5 Abuova AB, Baibarac A. Modern technologies for determining the physicommechanical properties of plant materials. Innovations in environmental management and environmental protection: materials of the 1st National Scientific and Practical Conference with international participation. 2019. pp. 453–458. (in Russian).
- 6 Kulevatova T.B., Andreeva L.V., Svistunov Yu.S. On the quality of grain of winter wheat // Storage and processing of agricultural raw materials. 2013. no. 5. pp. 44–47. (in Russian).
- 7 Kulevatova T.B., Andreeva L.V., Pryanishnikov A.I., Zlobina L.N. et al. To the methodology for testing the quality of winter wheat. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2016. vol. 30. no. 6. pp. 25–28. (in Russian).
- 8 Dubat A. Le mixolab Profiler: un outil complet pour le controle qualite des bles et des farines. Industries des Cereales. 2009. no. 161. pp. 11–26.
- 9 Mudarisov F.A., Sadigova M.K., Kostin V.I. Evaluation of the influence of agrotechnical methods of winter wheat cultivation on the quality of flour based on the rheological profile of the test. Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University. 2018. no. 2. pp. 50–56. (in Russian).
- 10 Antanas S., Alexa E., Negrea M., Guran E. et al. Studies regarding the rheologic properties of triticale, wheat and rye flours. J. of Horticulture, Forestry and Biotechnology. 2013.vol. 17. no. 1. pp. 345–349.
- 11 Chernykh I.V., Lebedev A.V. Improving the quality control of flour using modern information-measuring systems (SOK-TRADE). Bread products. 2012. no. 6. pp. 41–43. (in Russian).
- 12 Huen J., Börsmann J., Matullat I., Böhm L. et al. Pilot scale investigation of the relationship between baked good properties and wheat flour analytical values. European Food Research and Technology. 2018. vol. 244. no. 3. pp. 481–490.
- 13 Chakraborty S.K., Tiwari A., Mishra A., Singh A. Rheological properties of refined wheat – millet flour based dough under thermo-mechanical stress. Journal of Food Science and Technology. 2015. vol. 52. no. 5. pp. 3044–3050.
- 14 Huen J., Börsmann J., Matullat I., Böhm L. et al. Wheat flour quality evaluation from the baker's perspective: comparative assessment of 18 analytical methods. European Food Research and Technology. 2018. vol. 244. no. 3. pp. 535–545.
- 15 GOST ISO 17718–2015. Grain and flour from soft wheat. Determination of rheological properties of the test depending on the conditions of kneading and temperature increase. Moscow, Standartinform, 2015. 31 p. (in Russian).

Сведения об авторах

Елена П. Мелешкина д.т.н., директор, ВНИИЗ – филиал ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, Дмитровское шоссе, 11, г. Москва, 127434, Россия, kachestvovniiz@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1339-7150>

Наталья С. Жильцова вед. инженер, аспирант, ВНИИЗ – филиал ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, Дмитровское шоссе, 11, г. Москва, 127434, Россия, nata007-08@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3436-6049>

Information about authors

Elena P. Meleshkina Dr. Sci. (Engin), director, VNIIZ – branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V. M. Gorbatoва RAS, 11 Dmitrovskoe highway, Moscow, 127434, Russia, kachestvovniiz@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1339-7150>

Natalya S. Zhiltsova lead engineer, graduate student, VNIIZ – branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V. M. Gorbatoва RAS, 11 Dmitrovskoe highway, Moscow, 127434, Russia, nata007-08@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3436-6049>

Светлана Н. Коломиец к.с.-х.н., старший науч. сотр, ВНИИЗ – филиал ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, Дмитровское шоссе, 11, г. Москва, 127434, Россия, kolomietcs@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3130-2285>

Ольга И. Бундина к.э.н., ведущий науч. сотр., ВНИИЗ – филиал ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, Дмитровское шоссе, 11, г. Москва, 127434, Россия, boi888@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7821-6042>

Svetlana N. Kolomiets Cand. Sci. (Agric.), senior researcher, VNIIZ – branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V. M. Gorbatova RAS, 11 Dmitrovskoe highway, Moscow, 127434, Russia, kolomietcs@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3130-2285>

Olga I. Bundina Cand. Sci. (Econ.), senior researcher, VNIIZ – branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V. M. Gorbatova RAS, 11 Dmitrovskoe highway, Moscow, 127434, Russia, boi888@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7821-6042>

Вклад авторов

Елена П. Мелешкина предложила методику проведения эксперимента, консультация в ходе исследования

Наталья С. Жильцова провела эксперимент

Светлана Н. Коломиец написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Ольга И. Бундина выполнила расчёты

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

Elena P. Meleshkina proposed a scheme of the experiment, consultation during the study

Natalya S. Zhiltsova conducted an experiment

Svetlana N. Kolomiets wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Olga I. Bundina performed computations

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 25/07/2019	После редакции 02/08/2019	Принята в печать 12/08/2019
Received 25/07/2019	Accepted in revised 02/08/2019	Accepted 12/08/2019

Технология и аппаратурное оформление распылительной сушки растворов стевии

Магомед Г. Магомедов	¹	mmg@inbox.ru	 0000-0002-427-9587
Алла Е. Чусова	¹	hycovai@mail.ru	
Константин К. Полянский	²	tovar201@list.ru	 0000-0002-5659-1423
Олеся В. Пронина	²	olesya.pronina.88@mail.ru	 0000-0002-4779-8609
Ольга Н. Романова	²	tovar201@list.ru	

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

² Воронежский филиал «РЭУ им. Г.В. Плеханова», ул. Карла Маркса, 67А, Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Отражена актуальность вопроса применения и разработки подсластителей. Приведены основные требования, предъявляемые к сахарозаменителям: качество сладости, отсутствие цвета и запаха, приятный вкус, безвредность, полное выведение из организма, хорошая растворимость в воде, химическая устойчивость. Ввиду своих полезных свойств все более широкое применение находит подсластитель, полученный из листьев стевии. Представлен способ получения экстракта стевии с последующей сушкой. Для опыта использовали листья и стебли растения *Stevia rebaudiana Bertonii*. Экстракт получали с помощью водно-спиртовой экстракции при температуре 85–87 °С, гидромодуле 1,0:4,5, продолжительности 115–118 мин, применяя три слива, объединяли водный и спиртовой экстракты. Отфильтрованный от взвешенных примесей на фильтре глубокой очистки экстракт концентрировали под разрежением 0,08 МПа при температуре 60 °С до содержания СВ 35%. Полученный концентрат сушили на экспериментальной распылительной сушилке. Температура высушенных частиц не превышала 60 °С, а процесс сушки длился 15–30 с. Благодаря мгновенной сушке и невысокой температуре распыленных частиц раствора стевииодный порошок получился высокого качества. Полученный таким образом подсластитель из стевии не нуждается в промежуточной очистке от балластных веществ и не требует дальнейшего модифицирования для улучшения органолептических свойств – усиления сладости и уменьшения остаточного горького привкуса, характерного для некоторых природных гликозидов. Авторы считают, что полученный подсластитель дает возможность разработки новых продуктов, имеющих диетическое и лечебно-профилактическое назначение.

Ключевые слова: подсластители, экстракт стевии, распылительная сушка

Technology and instrumentation stevia solutions of spray drying

Magomed G. Magomedov	¹	mmg@inbox.ru	 0000-0002-427-9587
Alla E. Chusova	¹	hycovai@mail.ru	
Konstantin K. Polyansky	²	tovar201@list.ru	 0000-0002-5659-1423
Olesya V. Pronina	²	olesya.pronina.88@mail.ru	 0000-0002-4779-8609
Olga N. Romanova	²	tovar201@list.ru	

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

² Voronezh Branch of the REU named after G.V. Plekhanov, Karla Marksa str., 67A, Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The relevance of the use and development of sweeteners is reflected in the article. The main requirements for sweeteners were given: the sweetness quality, color and odor absence, a pleasant taste, harmlessness, complete elimination from the body, good solubility in water, chemical resistance. Due to its beneficial properties, the sweetener obtained from stevia leaves is increasingly used. A method of obtaining stevia extract with subsequent drying is presented. The leaves and stems of the *Stevia rebaudiana Bertonii* plant were used for the experiment. The extract was obtained using water-alcohol extraction at a temperature of 85–87 °C, a water module of 1.0: 4.5, and a duration of 115–118 min. using three rinsings, the water and alcohol extracts were combined. The extract filtered from suspended impurities on a deep filter was concentrated under a vacuum of 0.08 MPa at a temperature of 60 °C to a content of 35%. The resulting concentrate was dried on an experimental spray dryer. The temperature of the dried particles did not exceed 60 °C, and the drying process lasted 15–30 s. High-quality stevioside powder was obtained due to instant drying and low temperature of sprayed solution particles. Thus obtained sweetener from stevia does not need intermediate purification from ballast substances and does not require further modification to improve organoleptic properties - to enhance sweetness and reduce the residual bitter aftertaste characteristic of some natural glycosides. The authors believe that the resulting sweetener makes it possible to develop new products with dietary and therapeutic purposes.

Keywords: sweeteners, stevia extract, spray drying

Для цитирования

Магомедов М.Г., Чусова А.Е., Полянский К.К., Пронина О.В., Романова О.Н. Технология и аппаратурное оформление распылительной сушки растворов стевии // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 81–85. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-81-85

For citation

Magomedov M.G., Chusova A.E., Polyansky K.K., Pronina O.V., Romanova O.N. Technology and instrumentation stevia solutions of spray drying. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 81–85. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-81-85

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

В руководстве Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) о потреблении сахаров содержатся следующие рекомендации:

- поддерживать сниженные уровни потребления свободных сахаров на протяжении всей жизни (сильная рекомендация 1).
- снизить уровни потребления свободных сахаров как взрослыми, так и детьми до менее 10% от общей калорийности потребляемых продуктов (сильная рекомендация 2).
- дальнейшее снижение уровней потребления свободных сахаров до менее 5% от общей калорийности потребляемых продуктов (условная рекомендация 3).

Рекомендации даны на основании рассмотренных фактических данных о связях между уровнем потребления сахаров и массой тела (низкое и среднее качество фактических данных) и зубным кариесом (очень низкое и среднее качество фактических данных).

Впервые рекомендация сократить потребление свободных сахаров до менее чем 10% от суммарного ежедневного энергопотребления была сделана исследовательской группой ВОЗ в 1989 г., которая затем была доработана в ходе совместных консультаций экспертов ВОЗ/ФАО в 2002 г. Это обновленное руководство ВОЗ призывает, по возможности, дополнительно сократить потребление свободных сахаров до менее чем 5% от суммарного энергопотребления.

Данное руководство является частью усилий ВОЗ по достижению целей, поставленных в Глобальном плане действий по НИЗ на 2013–2020 гг., остановить рост диабета и ожирения и сократить к 2025 г. бремя преждевременной смертности от НИЗ на 25%. Помимо этого, руководство по сахарам является вкладом в работу Комиссии ВОЗ по ликвидации детского ожирения, которая преследует цель повысить информированность и придать импульс действиям по решению проблемы детского ожирения [1].

Перед индустрией питания стоит глобальная задача-поиск альтернативных способов воздействия на рецептор, который отвечает за сладкий вкус, без того вреда, который несет с собой свободный сахар. Главным способом является применение сахарозаменителей. При этом вещества должны оставаться конкурентоспособным с точки зрения стоимости и органолептических показателей.

Все сахарозаменители можно классифицировать по-разному, так как в настоящее время разработаны методы получения ряда веществ путем их синтеза, а не выделением из природного сырья, но ко всем предъявляются единые требования [2].

При выборе подсластителя следует учитывать возможность применения в данной стране и их особенности. Искусственные подсластители имеют меньшую калорийность, так как некоторые не усваиваются организмом (сахарин, сукралоза), некоторые (такие, как аспартам) создают сладкий вкус при более низких концентрациях, чем обычный сахар, поэтому хотя и усваиваются организмом обеспечивают сладость с гораздо меньшей калорийной нагрузкой. Но несмотря на то что некоторые из этих химических веществ вызывают ощущение сладкого вкуса уже при низких концентрациях, они очень быстро достигают порога интенсивности. Большинство искусственных подсластителей активируют не только рецепторы сладкого, но и один из рецепторов горького вкуса, что отрицательно влияет на восприятие продукта. Поскольку люди имеют разные наборы горьких рецепторов, одни подсластители воспринимаются ими хорошо, другие плохо. Следует учитывать, что каждый подсластитель имеет свою скорость и продолжительность воздействия на рецепторы сладкого [3, 4].

Все более широкое применение находит подсластитель стевиозид, который получают из листьев стевии (лат. *Stévia*).

Растения стевии содержат дитерпеновые тетрациклические гликозиды, из которых наиболее интересны: стевиозид, ребаудиозид А, В, С и Е, дулкозид А и стевиолбиозид. Они обладают подслащивающей способностью в 100–400 раз большей, чем у сахарозы. Все вместе они получили название стевиозид.

Известно, что кроме вышеперечисленных свойств стевиозид имеет физические, химические и фармакологические характеристики, которые позволяют использовать его в широком диапазоне в составе пищевых продуктов как заменитель сахара и естественный подсластитель без побочных эффектов [5, 6].

Проблемным остается вопрос экстракции и очистки концентрата сладких веществ стевии. В настоящее время известно довольно много способов извлечения и очистки сладких гликозидов. Однако получение дитерпеновых гликозидов известными способами небезопасно из-за несовершенства технологий, связанных с применением органических растворителей, большинство из которых ядовиты (хлороформ, эфиры, диоксан, н-бутанол и т. д.)

Кроме того, при использовании этих реагентов предусматривается сложная система утилизации отходов, что значительно удорожает процесс производства подсластителей в промышленных масштабах [7].

Материалы и методы

Для опыта использовали листья и стебли растения *Stevia rebaudiana* Bertoni, выращенного на полях Всероссийского НИИ сахарной свеклы и сахара им. Мазлумова в п. Рамонь Воронежской области (Т.П. Жужалова).

Стевиозид получали с помощью водно-спиртовой экстракции при температуре 85–87 °С, гидромодуле 1,0:4,5, продолжительности 115–118 мин, применяя три слива, объединяли водный и спиртовой экстракты.

Полученный экстракт содержал 6–8% сухих веществ и имел темно-коричневый цвет.

Отфильтрованный от взвешенных примесей на фильтре глубокой очистки экстракт концентрировали под разрежением 0,08 МПа при температуре 60 °С до содержания СВ 35%.

Затем полученный концентрат сушили на экспериментальной распылительной сушилке (рисунок 1) при следующих параметрах:

давление в форсунке, МПа	0,35–0,4
температура на входе в сушилку, °С	150
температура на выходе из сушилки, °С	75–80
производительность насоса, кг/ч	0,25

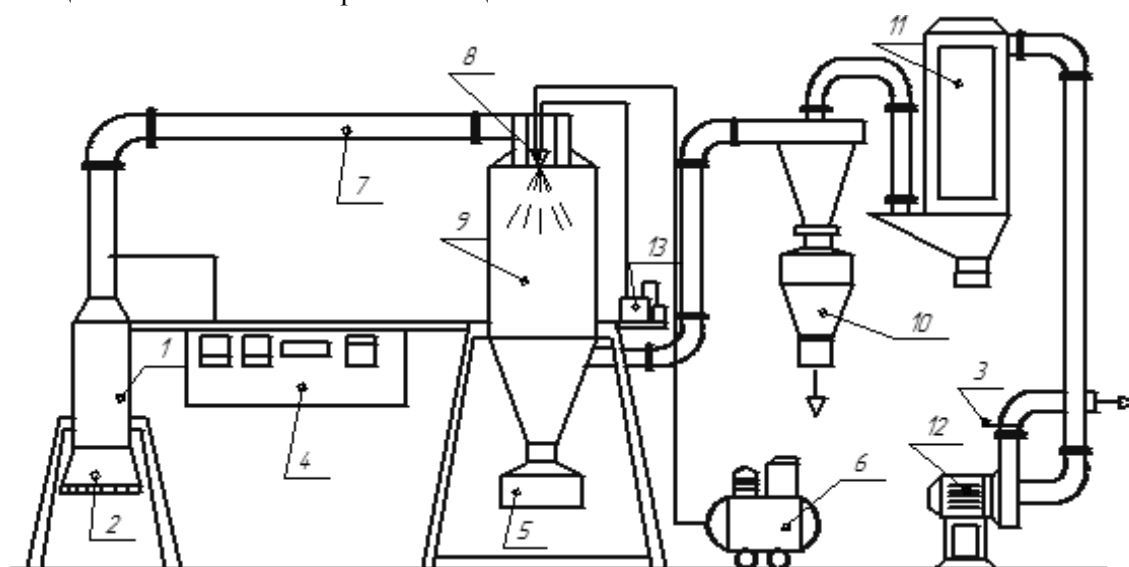


Рисунок 1. Экспериментальная распылительная сушильная установка: 1 – калорифер; 2 – воздушный фильтр; 3 – шибер; 4 – щит управления; 5 – сборник порошка; 6 – компрессор; 7 – трубопровод греющего агента; 8 – форсунка; 9 – камера распыления; 10 – циклон-разгрузитель; 11 – контрольная камера; 12 – вытяжной вентилятор; 13 – перистальтический насос

Figure 1. Experimental spray drying unit: 1 – air heater; 2 – air filter; 3 – gate; 4 – control panel; 5 – a collection of powder; 6 – compressor; 7 – pipeline heating agent; 8 – nozzle; 9 – spray chamber; 10 – cyclone unloader; 11 – control chamber; 12 – exhaust fan; 13 – peristaltic pump

Температура высушенных частиц не превышала 60 °С, а процесс сушки длился 15–30 с. Благодаря мгновенной сушке и невысокой температуре распыленных частиц раствора стевиозидный порошок получался высокого качества.

Полученный стевиозидный порошок ценный пищевой продукт, обладающий хорошими органолептическими и физико-химическими показателями (таблица 1).

Таблица 1.

Органолептические и физико-химические показатели качества

Table 1.

Organoleptic and physico-chemical quality indicators

Показатель Indicator	Стевиозидный порошок Stevioside powder
Внешний вид (цвет) Appearance (color)	Соломенный Straw
Вкус и запах Taste and smell	Сладкий с небольшим растительным привкусом, запаха не имеет Sweet with a slight plant flavor, odorless
Консистенция Consistency	Однородный аморфный порошок, без конгломератов Homogeneous amorphous powder, without conglomerates
Дисперсность частиц, мкм The dispersion of particles, microns	15–50
Объемная масса, кг/м ³ Bulk weight, kg/m ³	440–550
Угол естественного откоса, град. Angle of repose, deg.	43–51
Кислотность, град, не более Acidity, degrees, no more	10–11

Заключение

Полученный подсластитель из стевии не нуждается в промежуточной очистке от балластных веществ и не требует дальнейшего модифицирования для улучшения органолептических свойств – усиления сладости и уменьшения остаточного горького привкуса, характерного для некоторых природных гликозидов. Параллельно вышеприведенным исследованиям ведется активная разработка и утверждение сопутствующей документации на сырье и продукты переработки стевии, а также рецептур на новые пищевые

продукты с добавками стевии, имеющие диетическое и лечебно-профилактическое назначение. Данные мероприятия направлены на расширение ассортимента подобной продукции, адаптацию нового сахарозаменителя из стевии на российском рынке, который на сегодняшний момент аналогов натуральных подсластителей отечественного производства не имеет вообще.

В настоящее время предложены и научно обоснованы технологии молочных напитков функционального назначения с использованием стевии [8–10].

Литература

- 1 Руководство по потреблению сахаров взрослыми и детьми. 2015. 8 с. URL: https://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sugars_intake/ru/
- 2 Голенков В., Макаров-Землянский Я. Использование заменителей сахара в пищевых продуктах // Хлебопродукты. 2008. № 2. С. 40–41.
- 3 Holmes B. Flavor: The Science of Our Most Neglected Sense. 2017. 320 p.
- 4 Breslin P.A.S., Spector A.C. Mammalian taste perception // Current Biology. 2008. V. 18. № 4. P. R148-R155.
- 5 Philippaert K. et al. Steviol glycosides enhance pancreatic beta-cell function and taste sensation by potentiation of TRPM5 channel activity // Nature communications. 2017. V. 8. P. 14733.
- 6 Anker C.C.B., Rafiq S., Jeppesen P.B. Effect of steviol glycosides on human health with emphasis on type 2 diabetic biomarkers: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials // Nutrients. 2019. V. 11. № 9. P. 1965.
- 7 Подпоронова Г.К., Верзилина Н.Д., Полянский К.К. Получение порошкообразного подсластителя из стевии с использованием распылительной сушки // Пищевая промышленность. 2005. № 8. С. 134.
- 8 Полянский К.К., Котов В.В., Гасанова Е.С., Шереметова С.Г. Подсластители из растительного сырья при производстве молочных напитков: монография. Воронеж: Истоки. 2010. 100 с.
- 9 Пронина О.В. Напиток на основе молочной сыворотки с добавлением экстракта стевии // Молочная промышленность. 2016. № 11. С. 52–53.
- 10 Полянский К.К., Пронина О.В., Чусова А.Е., Магомедов М.Г. и др. Напиток на основе молочной сыворотки с функциональными растительными добавками // Молочная промышленность. 2018. № 11. С. 62–63.
- 11 Рейн А.Д., Черемухин А.Д., Козлов В.Д. Перспективные направления воспроизводства ресурсов с целью повышения эффективности производства молока // Вестник НГИЭИ. 2017. № 6 (73). С. 101–108.

References

- 1 Guidelines for Sugar Consumption by Adults and Children. 2015. 8 p. Available at: https://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sugars_intake/ru/ (in Russian).
- 2 Golenkov V., Makarov-Zemlyansky Y. Use of sugar substitutes in food products. Bread products. 2008. no. 2. pp. 40–41. (in Russian).
- 3 Holmes B. Flavor: The Science of Our Most Neglected Sense. 2017. 320 p.
- 4 Breslin P.A.S., Spector A.C. Mammalian taste perception. Current Biology. 2008. vol. 18. no. 4. pp. R148-R155.
- 5 Philippaert K. et al. Steviol glycosides enhance pancreatic beta-cell function and taste sensation by potentiation of TRPM5 channel activity. Nature communications. 2017. vol. 8. pp. 14733.
- 6 Anker C.C.B., Rafiq S., Jeppesen P.B. Effect of steviol glycosides on human health with emphasis on type 2 diabetic biomarkers: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Nutrients. 2019. vol. 11. no. 9. pp. 1965.
- 7 Podporinova G.K., Verzilina N.D., Polyansky K.K. Obtaining a powdered sweetener from stevia using spray drying. Food industry. 2005. no 8. pp. 134. (in Russian).
- 8 Polyansky K.K., Kotov V.V., Hasanova E.S., Sheremetova S.G. Plant-based sweeteners in the production of milk drinks: monograph. Voronezh, Istoki. 2010. 100 p. (in Russian).
- 9 Pronina O.V. A whey-based drink with the addition of stevia extract. Dairy industry. 2016. no. 11. pp. 52–53. (in Russian).
- 10 Polyansky K.K., Pronina O.V., Chusova A.E., Magomedov M.G. et al. Drink based on whey with functional herbal additives. Dairy industry. 2018. no. 11. pp. 62–63. (in Russian).
- 11 Rein A.D., Cheremukhin A.D., Kozlov V.D. Prospective directions for the reproduction of resources in order to increase the efficiency of milk production. Bulletin NGIEI. 2017. no. 6 (73). pp. 101–108. (in Russian).

Сведения об авторах

Магомед Г. Магомедов 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, mmg@inbox.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-427-9587>

Information about authors

Magomed G. Magomedov 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, mmg@inbox.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-427-9587>

Алла Е. Чусова к.т.н., кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, hycovai@mail.ru

Константин К. Полянский д.т.н., Воронежский филиал «РЭУ им. Г.В. Плеханова», ул. Карла Маркса, 67А, Воронеж, 394036, Россия, tovar201@list.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5659-1423>

Олеся В. Пронина к.т.н., Воронежский филиал «РЭУ им. Г.В. Плеханова», ул. Карла Маркса, 67А, Воронеж, 394036, Россия, olesya.pronina.88@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4779-8609>

Ольга Н. Романова аспирант, Воронежский филиал «РЭУ им. Г.В. Плеханова», ул. Карла Маркса, 67А, Воронеж, 394036, Россия, tovar201@list.ru

Alla E. Chusova Cand. Sci. (Engin.), fermentation and sugar production technologies department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, hycovai@mail.ru

Konstantin K. Polyansky Dr. Sci. (Engin.), professor, Voronezh Branch of the REU named after G.V. Plekhanov, Karla Marksa str., 67A, Voronezh, 394036, Russia, tovar201@list.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5659-1423>

Olesya V. Pronina Cand. Sci. (Engin.), Voronezh Branch of the REU named after G.V. Plekhanov, Karla Marksa str., 67A, Voronezh, 394036, Russia, olesya.pronina.88@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4779-8609>

Olga N. Romanova graduate student, Voronezh Branch of the REU named after G.V. Plekhanov, Karla Marksa str., 67A, Voronezh, 394036, Russia, tovar201@list.ru

Вклад авторов

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 are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 24/06/2019	После редакции 05/07/2019	Принята в печать 17/07/2019
Received 24/06/2019	Accepted in revised 05/07/2019	Accepted 17/07/2019

Новый продукт из мяса птицы

Марина В. Клычкова ¹	maryavg@list.ru	 0000-0001-5533-2238
Юлия С. Кичко ¹	kichko.80@mail.ru	 0000-0001-8258-9469
Михаил Д. Романко ¹	romanko52@list.ru	 0000-0002-6045-2944

¹ Оренбургский государственный университет, пр-т Победы, 13, г. Оренбург, 460018, Россия

Аннотация. В современном мире все большее количество людей отдают предпочтение колбасным изделиям из мяса птицы, поскольку данный продукт отличается низким уровнем калорийности. Кроме того, колбасы из мяса птицы содержат в своем составе меньшее количество жира и холестерина, что идеально подходит для людей, придерживающихся здорового и сбалансированного меню питания. Создание новых рецептур продуктов из мяса птицы с включением компонентов животного и растительного происхождения направлено на увеличение мясных ресурсов и повышение качества готовых изделий. Во многих случаях добавление новых компонентов, а также изменение соотношения и способы введения в рецептуру позволяют повысить пищевую ценность готового продукта. Была разработана рецептура куриных рулетов с использованием куриных субпродуктов, гидротированной пшеничной клетчатки «Уницелл-500» и термически обработанной моркови. Для размягчения субпродуктов использовали киви. Были проведены органолептические, физико-химические и микробиологические исследования куриных рулетов, выработанных по классической технологии и новой рецептуре. Результаты исследований показали, что применение моркови и субпродуктов в курином рулете улучшает вкусовые свойства продукта, позволяет снизить калорийность и получить продукт с необходимой консистенцией, улучшить функциональные свойства, способствует улучшению экономических показателей производства за счет снижения себестоимости готовых изделий из мяса птицы. Применение пищевых волокон «Уницелл-500» позволяет снизить расход дорогостоящего мясного сырья благодаря высокой влагосвязывающей способности клетчатки. Обогащение куриного рулета позволило улучшить физико-химические, органолептические, микробиологические показатели.

Ключевые слова: изделия из мяса птицы, пищевые волокна, куриные субпродукты, разработка рецептуры

New poultry meat product

Marina V. Klychkova ¹	maryavg@list.ru	 0000-0001-5533-2238
Yulia S. Kichko ¹	kichko.80@mail.ru	 0000-0001-8258-9469
Mihail D. Romanko ¹	romanko52@list.ru	 0000-0002-6045-2944

¹ Orenburg State University, Pr. Pobedy, 13 Orenburg, 460018, Russia

Abstract. In the modern world, an increasing number of people prefer poultry sausages, since this product has a low calorie level. In addition, poultry sausages contain less fat and cholesterol, which is ideal for people who have a healthy and balanced diet. The creation of new recipes for products from poultry meat with the inclusion of components of animal and vegetable origin is aimed at increasing meat resources and improving the quality of finished products. In many cases, the addition of new components, as well as changing the ratio and methods of introduction into the recipe, can increase the nutritional value of the finished product. A chicken roll recipe was developed using chicken offal, Unicell-500 hydrated wheat fiber and heat-treated carrots. Kiwi was used to soften offal. Organoleptic, physico-chemical and microbiological studies of chicken rolls, developed according to classical technology and a new recipe, were carried out. The research results showed that the use of carrots and offal in chicken roll improves the taste of the product, allows you to reduce calorie content and get the product with the necessary consistency, improve functional properties, improves economic performance by reducing the cost of finished products from poultry meat. The use of Unicell-500 dietary fiber reduces the consumption of expensive meat raw materials due to the high moisture-binding ability of fiber. Enrichment of chicken roll allowed to improve physico-chemical, organoleptic, microbiological indicators.

Keywords: products from poultry meat, dietary fiber, chicken by-products, recipe development

Введение

В настоящее время все большее внимание уделяется развитию сети общественного питания. В этом смысле разработка продуктов кулинарного направления является актуальной задачей [8]. Повышенным спросом будут пользоваться новые оригинальные продукты из мяса птицы, в том числе рулеты и другие фаршированные изделия с различными начинками. Расширить ассортимент таких продуктов возможно за счет применения куриных субпродуктов [1, 5, 7].

Разработка технологий новых комбинированных мясных продуктов питания – задача, решение которой имеет не только научное, экологическое, но и социальное значение.

Производство куриного рулета экономически выгодно, так как позволяет создать для населения с низким уровнем доходов биологически полноценные продукт питания с сохранением высоких потребительских свойств, что способствует насыщению продовольственного рынка необходимыми качественными продуктами питания [11].

Для цитирования

Клычкова М.В., Кичко Ю.С., Романко М.Д. Новый продукт из мяса птицы // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 86–90. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-86-90

For citation

Klychkova M.V., Kichko Yu.S., Romanko M.D. New poultry meat product. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 86–90. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-86-90

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Особенность разработанной рецептуры куриных рулетов заключается в использовании куриных субпродуктов, гидротированной пшеничной клетчатки «Уницелл-500» и термически обработанной моркови. Киви использовалось в качестве маринада для размягчения куриных желудочков и сердечек.

Материалы и методы

Объектами исследований являлись рулеты куриные, выработанные как по классической технологии (образец 1), так и с использованием куриных субпродуктов, гидротированной пшеничной клетчатки «Уницелл-500» и термически обработанной моркови (образец 2).

Исследуемые образцы были выработаны по общепринятой технологии. Образец 1 в своем составе содержит куриную грудку, нитритную соль и смесь специй. В таблице 1 представлена рецептура куриного рулета, обогащенного субпродуктами и пищевыми волокнами (образец 2).

Таблица 1.

Рецептура куриного рулета, обогащенного субпродуктами и пищевыми волокнами

Table 1.

Recipe of chicken roll enriched with by-products and dietary fibers

Наименование сырья, пряностей и материалов Raw material name, spices and materials	Норма расхода сырья, кг Norm expense's raw materials, kg
Куриная грудка, после массажа Chicken breast, after the massager	55
Сердце куриное, варёное, подготовленное в киви Heart chicken, boiled, prepared in kiwi	15
Желудочки куриные, варёные, подготовленные в киви Chicken ventricles, boiled, prepared in kiwi	15
Морковь свежая, варёная Carrot, fresh, boiled	8
Клетчатка пшеничная «Уницелл-500», гидратированная Wheat fiber "Unicell-500", hydrated	2
Киви Kiwi	2,7
Нитритная соль Nitrite salt	2
Смесь специй Spices mix	0,3

Польза куриных желудков заключается в значительном содержании белка, а также большого количества витаминов и минеральных веществ, которые так необходимы человеку для нормальной жизнедеятельности организма. В куриных желудках содержится большое количество калия, железа, фолиевой кислоты, натрия и цинка.

В курином сердечке присутствуют аминокислоты. Так, благодаря изолейцину употребление

в пищу куриного субпродукта позитивно влияет на синтез гемоглобина. Валин и лейцин являются источниками энергии и способствуют восстановлению мышечной ткани. Лизин способствует синтезу гормонов и ферментов [3, 11]. Куриное сердце содержит витамины, необходимые для углеводного и белкового метаболизма – В₁ и В₂.

Для размягчения куриных желудочков и сердечек использовали в качестве маринада киви. Киви богато клетчаткой, аминокислотами, содержит фруктозу, глюкозу, витамины С, Е, РР, А, В₁, В₂, В₃, В₆, бета-каротин, калий, кальций, магний, фосфор, железо, флавоноиды, пектины, энзимы, фолиевую кислоту и другие фруктовые кислоты – лимонную, яблочную, хинную. В киви обнаружен уникальный фермент – актинидин, который расщепляет белки и способствует лучшему перевариванию пищи, а также ускоряет гидролиз белков, пептидов и сложных эфиров, то есть нормализует обмен веществ. Киви также обладает свойством сжигать жиры.

В качестве пищевых растительных волокон мы использовали пищевую добавку «Уницелл-500» и морковь. Пищевая добавка «Уницелл – 500» представляет собой пшеничную клетчатку. Пшеничная клетчатка – это натуральные растительные волокна, производящиеся из вегетативной части зерновых культур, которые обладают структурообразующими свойствами [2]. Этот продукт позволяет производителям заменять значительную часть дорогостоящего мясного сырья. Используется взамен части мясного сырья или соевых белков или сверх рецептур для снижения себестоимости и улучшения реологических свойств готовой продукции [4, 10].

Пшеничная клетчатка «Уницелл-500» дает возможность получить готовые продукты с низким содержанием калорий, без утраты желаемой текстуры продукта и сенсорных ощущений [3, 11].

Морковь содержит в большом количестве каротин, который в печени преобразуется в витамин А. Клетчатка моркови помогает очищать кишечник и ускоряет выведение шлаков. Перед введением в продукт морковь бланшируется.

Опытные образцы были исследованы на органолептические, физико-химические и микробиологические показатели.

Результаты

По окончании технологического процесса проведены органолептические, физико-химические и микробиологические исследования.

Органолептические показатели куриного рулета, обогащенного субпродуктами указаны в таблице 2, физико-химические – в таблице 3, микробиологические – в таблице 4.

Таблица 2.

Органолептические показатели куриных рулетов

Table 2.

Organoleptic characteristics of chicken rolls

Показатели Indicator	Характеристика Characteristic	
	образец 2 sample 2	образец 1 sample 1
Внешний вид Appearance	Плотно свернутая куриная грудка, с куриными сердечками, желудочками и морковью, перевязана ниткой Tightly rolled chicken breast, with chicken hearts, ventricles and carrots, tied with thread	Плотно свернутая куриная грудка, перевязана ниткой Tightly rolled chicken breast, tied with thread
Консистенция Consistency	Плотная, упругая Tight, elastic	
Вид на разрезе Section view	Мышечная ткань с четко выраженным рисунком субпродуктов и моркови Muscle tissue with a distinct pattern of offal and carrots	Мышечная ткань от бледно-розового до розово-красного цвета, без серых пятен Muscle tissue from pale pink to pink-red color, without gray spots
Запах и вкус Smell and taste	Свойственный данному виду продукта, присутствует нежный привкус киви и моркови Peculiar to this type of product, there is a gentle taste of kiwi and carrots	Свойственный данному виду продукта Characteristic of this type of product

Таблица 3.

Физико-химические показатели опытных образцов

Table 3.

Physical and chemical parameters of prototypes

Показатели Indicators	Значение, % Value, %	
	образец 1 sample 1	образец 2 sample 2
Массовая доля поваренной соли Mass fraction of table salt	2,12	2,12
Массовая доля жира Mass fraction of fat	10,1	8,7
Массовая доля белка Mass fraction of protein	20,85	19,15
Остаточная активность кислой фосфатазы Residual activity of acid phosphatase	Не обнаруж. Not detected	Не обнаруж. Not detected
Массовая доля нитрита натрия Mass fraction of sodium nitrite	0,0026	0,0026

Таблица 4.

Микробиологические показатели куриного рулета, обогащенного субпродуктами и пищевыми волокнами

Table 4.

Microbiological parameters of chicken roll enriched with by-products and dietary fibers

Показатели Indicators	Значение, КОЕ/г Value, COE/g	
	при испытании during the test	по НД не более on ND less than
КМАФАн NMAFAM	В 1 г 0,7 x 10 ³	1 x 10 ³
БГКП E. coli group bacteria	В 1,0 г не обнаруж. In 1.0 g not detected	В 1,0 г не допуск. In 1.0 g not tolerance
Сальмонеллы Salmonella	В 25 г. не обнаруж. In 25 g not detected	В 25 г. не допуск. In 25 g not tolerance
Сульфитредуцирующие клостридии Sulfitereducing Clostridium	В 0,1 г не обнаруж. In 0.1 g not detected	В 0,1 г не допуск. In 0.1 g not tolerance
S. aureus	В 1,0 г не обнаруж. In 1.0 g not detected	В 1,0 г не доп. In 1.0 g not tolerance

Микробиологические показатели классического куриного рулета (образец 1) были идентичны показателям образца 2.

Обсуждение

Органолептические показатели образцов 1 и 2 соответствовали данному виду продукта и требованиям нормативно-технической документации, по которым они были выработаны.

Однако образец 2 превосходил по некоторым показателям образец 1. Так, его вкус стал нежнее за счет добавления пшеничной клетчатки и использования плодов киви в качестве маринада для размягчения мышечных волокон. Вид на разрезе образца 2 имел четко выраженный рисунок субпродуктов и моркови, что положительно сказалось на его потребительских свойствах.

Введение пищевых волокон в рецептуру положительно повлияло не только на биологическую ценность, но и на функционально-технологические свойства мясного продукта. Кроме того, они обладали высокой влагоудерживающей и эмульгирующей способностью. Включение в рецептуру моркови способствовало увеличению количества углеводов, витаминов и относительного содержания влаги. Добавление бланшированной моркови в куриный рулет придало более нежную консистенцию продукту.

Результаты физико-химических исследований свидетельствовали о том, что при использовании пищевых волокон в рецептуре массовая доля жира и белка уменьшились на 1,4 и 1,7% соответственно. Снижение массовой доли белка и жира в образце 2 произошло за счет добавления в рецептуру растительных ингредиентов (Уницелл-500, морковь).

Микробиологические показатели: КМА-ФАнМ, БГКП (колиформы), сальмонеллы сульфитредуцирующие клостридии, *S. aureus*, в обоих образцах аналогичны, что свидетельствует о высоких санитарно-гигиенических условиях производства исследуемых продуктов.

Заключение

Результаты исследований показали, что применение субпродуктов, «Уницелл-500», моркови и киви в курином рулете улучшает вкусовые свойства продукта, позволяет снизить калорийность и получить продукт с заданной консистенцией, улучшить функциональные свойства. Обогащение куриного рулета позволило улучшить физико-химические и органолептические показатели. Применение пищевых волокон «Уницелл-500» позволяет снизить расход дорогостоящего мясного сырья благодаря высокой влагосвязывающей способности клетчатки, а значит снизить себестоимость продукта.

Учитывая низкую стоимость растительного сырья, вводимого в образец 2 взамен мясного, можно предположить, что себестоимость образца 1 будет выше, поэтому разработанный нами инновационный продукт в отличие от классического куриного рулета будет более востребован у различных слоев населения. Таким образом, куриный рулет, обогащенный субпродуктами и пищевыми волокнами, является экономически выгодным и полезным по составу.

Литература

- 1 Дашкин Э.А., Турлубаева А.Н. Субпродукты как основа здорового питания // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: Всероссийская научно – методическая конференция. Оренбург, 2014.
- 2 Жаринов А.И., Жукова А.Ю. Препараты клетчатки: особенности состава, свойств и технологического использования // Мясной ряд. 2018. № 2. С. 72.
- 3 Pryanishnikov V.V., Mikolaychik I.N., Giro T.M. Dietary fiber in innovative technologies meat products // International journal of applied and fundamental research. 2016. № 11. P. 24–28.
- 4 Черкасов О.В., Прянишников В.В., Толкунова Н.Н., Жучков А.А. Пищевые волокна и белки: научные основы производства, способы введения в пищевые системы. Рязань: Изд-во ФГБОУ ВПО РГТУ, 2014. 183 с.
- 5 Омаров Р.С., Сычева О.В., Шлыков С.Н., Михайленко В.В. Белковые структурообразователи для ветчинных мясных продуктов // Мясная промышленность. 2014. № 1. С. 49–52.
- 6 Кенийз Н.Б., Нестеренко А.А., Шхалахов Д.С. Оптимизация рецептов колбасных изделий в условиях реального времени // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 08. С. 1113–1126.
- 7 Нестеренко А.А., Акопян К.В. Мясо птицы как перспективное сырье для производства сыровяленых колбас // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 07 (101). С. 1180–1193.
- 8 Будаева А.Е., Бальжинмаева С.К., Забалуева Ю.Ю. Разработка рецептуры изделий из субпродуктов // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. 2014. № 1. С. 29–30.
- 9 Баженова Б.А., Будаева А.Е., Данилов А.М. Эффективное использование сопутствующего сырья // Мясной ряд. 2016. № 3 (65). С. 60–62.
- 10 Krivolapov I.P., Koldin M.S., Shcherbakov S.Yu. The results of the research on efficiency of air purification from ammonia and hydrogen sulfide with peat-humus filtering material // Ecology, Environment and Conservation. 2016. V. 22. P. 47–50.
- 11 Акопян К.В., Нестеренко А.А. Использование вторичного сырья в производстве колбасных изделий // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы III науч.-практ. конф. Кубанского государственного аграрного университета. Краснодар: КубГАУ, 2017. С. 58–61.
- 12 Груздева В.В., Игошин А.Н. Некоторые аспекты потребления продуктов питания в регионе // Вестник НГИЭИ. 2017. № 9 (76). С. 110–118.
- 13 Ribeiro L.B., Bankutia F.I., da Silva M.U., Ribeiro P.M. et al. Oxidative stability and nutritional quality of poultry by-product meal: An approach from the raw material to the finished product // Animal Feed Science and Technology. 2019. V. 255.
- 14 Lorenzo J.M., Pateiro M., Domínguez R., Barba F.J. et al. Berries extracts as natural antioxidants in meat products: A review // Food Research International. 2018. V. 106. P. 1095–1104.
- 15 Oswell N.J., Thippareddi H., Pegg R.B. Practical use of natural antioxidants in meat products in the U.S.: A review // Meat Science. 2018. V. 145. P. 469–479.

References

- 1 Dashkin E.A., Turlubaeva A.N. By-products as the basis of a healthy diet. University Complex as a Regional Center for Education, Science and Culture: All-Russian Scientific and Methodological Conference. Orenburg, 2014. (in Russian).
- 2 Zharinov A.I., Zhukova A.Yu. Fiber preparations: features of composition, properties and technological use. Meat series. 2018. no. 2. pp. 72. (in Russian).
- 3 Pryanishnikov V.V., Mikolaychik I.N., Giro T.M. Dietary fiber in innovative technologies meat products. International journal of applied and fundamental research. 2016. no. 11. pp. 24–28.
- 4 Cherkasov O.V., Pryanishnikov V.V., Tolkunova N.N., Zhuchkov A.A. Dietary fiber and protein: the scientific basis of production, methods of introduction into food systems. Ryazan, 2014. 183 p. (in Russian).
- 5 Omarov R.S., Sycheva O.V., Shlykov S.N., Mikhailenko V.V. Protein builders for ham meat products. Meat industry. 2014. no. 1. pp. 49–52. (in Russian).
- 6 Keniyz N.V., Nesterenko A.A., Shkhalakhov D.S. Optimization of sausage recipes in real time. Political Mathematical Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. 2014. no. 08. pp. 1113–1126. (in Russian).
- 7 Nesterenko A.A., Akopyan K.V. Poultry meat as a promising raw material for the production of dry-cured sausages. Political Mathematical Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. 2014. no. 07 (101). pp. 1180–1193. (in Russian).
- 8 Budaeva A.E., Balzhinimaeva S.K., Zabalueva Yu.Yu. Formulation of offal products. International scientific-practical conference dedicated to the memory of Vasily Matveevich Gorbato. 2014. no. 1. pp. 29–30. (in Russian).
- 9 Bazhenova B.A., Budaeva A.E., Danilov A.M. Effective use of related raw materials. Meat series. 2016. no. 3 (65). pp. 60–62. (in Russian).
- 10 Krivolapov I.P., Koldin M.S., Shcherbakov S.Yu. The results of the research on efficiency of air purification from ammonia and hydrogen sulfide with peat-humus filtering material. Ecology, Environment and Conservation. 2016. vol. 22. pp. 47–50.
- 11 Akopyan K.V., Nesterenko A.A. The use of secondary raw materials in the production of sausages. Modern aspects of the production and processing of agricultural products: materials III scientific-practical. conf. Kuban State Agrarian University. Krasnodar, KubSAU, 2017. pp. 58–61. (in Russian).
- 12 Gruzdeva V.V., Igoshin A.N. Some aspects of food consumption in the region. Bulletin NGIEI. 2017. no. 9 (76). pp. 110–118. (in Russian).
- 13 Ribeiro L.B., Bankutia F.I., da Silva M.U., Ribeiro P.M. et al. Oxidative stability and nutritional quality of poultry by-product meal: An approach from the raw material to the finished product. Animal Feed Science and Technology. 2019. vol. 255.
- 14 Lorenzo J.M., Pateiro M., Domínguez R., Barba F.J. et al. Berries extracts as natural antioxidants in meat products: A review. Food Research International. 2018. vol. 106. pp. 1095–1104.
- 15 Oswell N.J., Thippareddi H., Pegg R.B. Practical use of natural antioxidants in meat products in the U.S.: A review. Meat Science. 2018. vol. 145. pp. 469–479.

Сведения об авторах

Марина В. Клычкова к.б.н., доцент, кафедра биотехнологии животного сырья и аквакультуры, Оренбургский государственный университет, пр-т Победы, 13, г. Оренбург, 460013, Россия, maryavg@list.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5533-2238>

Юлия С. Кичко к.б.н., доцент, кафедра биотехнологии животного сырья и аквакультуры, Оренбургский государственный университет, пр-т Победы, 13, г. Оренбург, 460013, Россия, kichko.80@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8258-9469>

Михаил Д. Романко старший преподаватель, кафедра биотехнологии животного сырья и аквакультуры, Оренбургский государственный университет, пр-т Победы, 13, г. Оренбург, romanko52@list.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6045-2944>

Information about authors

Marina V. Klychkova Cand. Sci. (Biol.), associate professor, biotechnology of animal raw materials and aquaculture department, Orenburg state University, Pobedy Ave. 13, maryavg@list.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5533-2238>

Yulia S. Kichko Cand. Sci. (Biol.), associate professor, biotechnology of animal raw materials and aquaculture department, Orenburg state University, Pobedy Ave. 13, kichko.80@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8258-9469>

Mihail D. Romanko senior lecturer, biotechnology of animal raw materials and aquaculture department, Orenburg State University, Pobedy Ave. 13, romanko52@list.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6045-2944>

Вклад авторов

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

Contribution

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 01/08/2019	После редакции 10/08/2019	Принята в печать 22/08/2019
Received 01/08/2019	Accepted in revised 10/08/2019	Accepted 22/08/2019

Исследование термоустойчивости аскоспор *Aspergillus (Neosartorya) fischeri* в зависимости от концентрации растворимых сухих веществ в яблочном соке

Владимир В. Кондратенко	¹	nauka@vniitek.ru	 0000-0002-0913-5644
Марина В. Тришканева	¹	labnta@vniitek.ru	 0000-0002-4444-0716
Михаил Т. Левшенко	¹	lev-mika@yandex.ru	 0000-0002-7667-797X
Тамара А. Позднякова	¹	pozdneykova@vniitek.ru	 0000-0003-4080-9309
Анастасия Ю. Колоколова	¹	aykolokolova@yandex.ru	 0000-0002-9816-1720

¹ Всероссийский НИИ технологии консервирования - филиал ФГБНУ "Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН, ул. Школьная 78., Видное, 142703, Россия

Аннотация. Кинетические исследования термической инактивации спор тест-культур необходимы для разработки оптимальных режимов тепловой обработки фруктовых соков. Цель работы – изучить динамику изменения параметров термоустойчивости D_T и z в зависимости от изменения содержания растворимых сухих веществ в консервированной продукции из фруктов на примере отдельных видов соковой продукции из яблок с величиной pH 3,80. Изучена закономерность термической инактивации аскоспор мезофильной плесени *Aspergillus fischeri* в концентрированном яблочном соке (ЯКС) с содержанием растворимых сухих веществ (РСВ) 70%, в восстановленном яблочном соке с РСВ – 11,2% и в восстановленном яблочном соке с мякотью с РСВ – 16%. Параметры термоустойчивости определяли капиллярным методом при температурах 80, 85, 90 и 95 °C. Экспериментально установлено, что термоустойчивость спор *A. fischeri* в осветленном яблочном соке составила D_T 95 °C = 0,16 мин, а величина параметра z = 6,76 °C, в яблочном соке с мякотью параметры: D_T 95 °C = 0,24 мин, z – 7,12 °C, в ЯКС – D_T 95 °C = 0,39 мин, z – 7,8 °C. Установлена динамика параметров термоустойчивости D и z спор плесневого гриба *A. fischeri* (тест-культуры) от концентрации РСВ соковой продукции. Результаты исследований показали, что с ростом концентрации РСВ экспоненциально растет термоустойчивость спор. Темп нарастания термоустойчивости снижается с увеличением концентрации РСВ. Поскольку концентрация РСВ влияет на реологические свойства продукции (вязкость), это приводит к изменению кинетики прогрева у продуктов с конвекционным теплообменом. Следовательно, рост концентрации РСВ неизбежно должен приводить не только к увеличению термоустойчивости спор микроорганизмов, но и смещению области оптимальных режимов тепловой обработки продуктов в сторону увеличения термической нагрузки для обеспечения нормативных требований микробиологической безопасности.

Ключевые слова: яблочный сок, параметры термоустойчивости D и z , аскоспоры *A. fischeri*, прогрев в капиллярах, требуемая летальность, пастеризация, концентрация растворимых сухих веществ

Study of thermal stability of ascospores *Aspergillus (Neosartorya) fischeri* depending on the concentration of soluble solids in apple juice

Vladimir V. Kondratenko	¹	nauka@vniitek.ru	 0000-0002-0913-5644
Marina V. Trishkaneva	¹	labnta@vniitek.ru	 0000-0002-4444-0716
Michail T. Levshenko	¹	lev-mika@yandex.ru	 0000-0002-7667-797X
Tamara A. Pozdneykova	¹	pozdneykova@vniitek.ru	 0000-0003-4080-9309
Anastasiya Yu. Kolokolova	¹	aykolokolova@yandex.ru	 0000-0002-9816-1720

¹ All-Russian Research Institute of Canning Technology – Branch of the Federal Scientific Center of Food Systems named after V.M. Gorbato of RAS, Shkol'naya str., 78, Vidnoe, 142703, Russia

Abstract. Kinetic studies of the thermal inactivation of test crop spores are necessary to develop optimal heat treatment regimes for fruit juices. The purpose of the work is to study the dynamics of changes in the thermal stability parameters D_T and z depending on changes in the soluble solids content in canned fruit products using the example of certain types of apple juice products with a pH of 3.80. The regularity of thermal inactivation of ascospores of the mesophilic mold *Aspergillus fischeri* in concentrated apple juice (JAC) with a soluble dry matter (RSV) content of 70%, in restored apple juice with RSV – 11.2%, and in restored apple juice with pulp with RSV – 16% was studied. The parameters of thermal stability were determined by the capillary method at temperatures of 80, 85, 90, and 95 °C. It was experimentally established that the heat resistance of *A. fischeri* spores in clarified apple juice was D_T 95 °C = 0.16 min, and the parameter value z = 6.76 °C, in apple juice with pulp parameters: D_T 95 °C = 0.24 min, z – 7.12 °C, in YaKS – D_T 95 °C = 0.39 min, and z – 7.8 °C. The dynamics of thermal stability parameters D and z of *A. fischeri* mold fungus spores (test cultures) versus RSV concentration of juice products was established. The research results showed that with an increase in the concentration of RSV, the thermal stability of spores increases exponentially. The rate of increase in thermal stability decreases with increasing concentration of RSV. Since the concentration of RSV affects the rheological properties of the product (viscosity), this leads to a change in the kinetics of heating in products with convection heat transfer. Therefore, an increase in the concentration of RSV should inevitably lead not only to an increase in the thermal stability of spores of microorganisms, but also to a shift in the region of optimal modes of heat treatment of products toward an increase in the thermal load to ensure regulatory requirements for microbiological safety.

Keywords: ionizing radiation, resistance of microorganisms, test-culture, pathogenic and opportunistic microorganisms

Для цитирования

Кондратенко В.В., Тришканева М.В., Левшенко М.Т., Позднякова Т.А., Колоколова А.Ю. Исследование термоустойчивости аскоспор *Aspergillus (Neosartorya) fischeri* в зависимости от концентрации растворимых сухих веществ в яблочном соке // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 91–92. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-91-92

For citation

Kondratenko V.V., Trishkaneva M.V., Levshenko M.T., Pozdneykova T.A., Kolokolova A.Yu. Study of thermal stability of ascospores *Aspergillus (Neosartorya) fischeri* depending on the concentration of soluble solids in apple juice. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 91–92. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-91-92

Введение

Яблочный сок является основой большого ассортимента соковой продукции. Безопасность и качество консервированной соковой продукции обеспечивается качеством сырья и надлежащими режимами стерилизации и пастеризации [1, 2].

Одним из основных критериев разработки режимов стерилизации консервов является термоустойчивость спор микроорганизмов. На устойчивость спор микроорганизмов в обрабатываемых продуктах влияют различные факторы: кислотность, величина pH, активная влажность продукта, содержание сахаров, содержание растворимых сухих веществ (РСВ), белков и другие факторы [3, 4]. Физико-химический состав соковой продукции из фруктов характеризуется высоким содержанием фруктовых (органических) кислот, сахаров (глюкоза, фруктоза, сахароза), аминокислот. Содержание РСВ в соковой продукции зависит от ее вида.

Термоустойчивость споровой микрофлоры относительно различных концентраций фруктовых кислот в соковой продукции установлена [5] и в настоящее время используется при расчётах режимов тепловой обработки. Однако влияние концентраций РСВ на термоустойчивость спор плесневых грибов в консервированной продукции, в том числе в соковой, изучено мало. Известно, что различные концентрации РСВ влияют на устойчивость вегетативной микрофлоры [6–8]. Данный механизм ингибирования возможен и для споровой микрофлоры, что было исследовано в настоящей работе.

Параметры режимов тепловой обработки консервов (температура и продолжительность) устанавливают на основании расчета выживаемости наиболее термоустойчивых спор микроорганизмов, опасных для здоровья людей, и основных возбудителей порчи данного вида консервов [10]. Требования к содержанию плесневых спорообразующих грибов, наиболее часто являющихся источником заражения готовой соковой продукции [11, 12], установлены в техническом регламенте. Среди тест-культур, используемых для целей разработки режимов тепловой обработки соковой продукции, наиболее часто используют споры плесневых грибов *A. niger* [13], споры термоустойчивой плесени *Byssoschlamys fulva* [14, 15] и споры *A. fischeri* [16, 17]. В данном исследовании в качестве тест-культуры выбран штамм *A. fischeri*.

Гибель популяции клеток и спор микроорганизмов в продукте при нагревании происходит не мгновенно, и если в полулогарифмической

системе координат изобразить этот процесс (продолжительность нагрева – число оставшихся жизнеспособных спор), то на определенном участке он может быть аппроксимирован линейной функцией [18]. В этом случае скорость отмирания клеток или спор (K) определяется уравнением Аррениуса, используемого для расчета скорости химических реакций [19]:

$$K = \frac{2,303}{\tau} (\lg N_0 - \lg N_\tau), \quad (1)$$

где τ – продолжительность нагрева; N_0 – начальное число спор микроорганизмов в определенном объеме продукта; N_τ – число оставшихся жизнеспособных спор микроорганизмов после нагрева в течение определенного времени.

В преобразованном уравнении (1) обозначим фактор $2,303/K$ через параметр D_T – продолжительность обработки, необходимая для снижения концентрации микроорганизмов на один порядок.

При разработке тепловых параметров стерилизации и пастеризации продуктов находят термоустойчивость спор тест-культуры в исследуемом продукте с целью определения параметров их термоустойчивости D_T и z °C, которые характеризуют изменение величины термоустойчивости спор микроорганизмов в зависимости от температуры и времени нагревания [20].

Величину параметра D_T рассчитывают на основании экспериментальных данных прогревов спор тест-культуры в продукте в изотермических условиях при различных температурах и временных экспозициях с последующим расчетом величины параметра z .

Содержание общей кислотности яблочного сока обычно составляет 0,3–1,2%, что соответствует величине pH продукта менее 4,0. Величина pH сока, в том числе концентрированного, полученного из большинства сортов яблок, менее 3,8 [17]. Поэтому влияние концентрации растворимых сухих веществ на термоустойчивость спор *A. fischeri* в разных видах яблочных соков исследовалось при величине pH продукта 3,80.

Цель работы изучить динамику изменения параметров термоустойчивости D и z в зависимости от изменения содержания растворимых сухих веществ в соковой яблочной продукции при величине pH продукта 3,80.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования была выбрана соковая продукция из яблок, выработанная на российских предприятиях, с различным

содержанием растворимых сухих веществ: концентрированный сок яблочный (ЯКС) с содержанием растворимых сухих веществ 70% Brix, восстановленный осветленный сок яблочный с содержанием растворимых сухих 11,2% Brix и сок яблочный с мякотью и сахаром, содержащий 16% Brix, массовая доля мякоти в этом соке составляла 18,5%. Образцы яблочного сока соответствовали НТД.

Массовую долю растворимых сухих веществ в образцах соковой продукции определяли на рефрактометре японской фирмы «Atago CO., LTD» по ГОСТ.

Величину pH продукта 3,80 устанавливали путем прямого подкисления или подщелачивания. При этом непосредственно в сок при перемешивании добавляли растворы гидроксида натрия концентрацией 100 г/дм³ или лимонной кислоты концентрацией 200 г/дм³ до достижения нужной величины pH продукта [22]. Величину pH определяли в продукте потенциометрическим методом с использованием pH метра «HANNA pH 211» (Румыния). Подготовку прибора и измерение величины pH проводили в соответствии с НТД [21]. Суммарная погрешность определения pH этим прибором не более $\pm 0,05$ в диапазоне от 2 до 9 единиц при температуре измеряемых образцов и окружающей среды от 15 до 60 °C.

Параметры термоустойчивости спор изучали с использованием музейной культуры микроорганизмов ВНИИТеК штамм *A. fischeri* W VKM G-83. Аскоспоры культуры *A. fischeri* получали в соответствии с НТД. Споры тест-штамма накапливали в посевах на сусло-агаре на чашках Петри. Чашки с твердой питательной средой инокулировали 2–3 каплями взвеси созревших конидий в стерильной воде. Посевы активно растущей культуры термостатировали 10–14 сут при 30 °C, выдерживали 20 сут при комнатной температуре. Непосредственно перед использованием образовавшиеся споры смывали с поверхности чашек 10–15 см³ фосфатного буфера с pH 4,0. Затем полученную спорую суспензию для отделения спор от фрагментов мицелия фильтровали через стерильные воронки с ватно-марлевым фильтром.

Термоустойчивость споровой суспензии тест-культуры *A. fischeri* определяли в растворе 0,1 М фосфатного буфера с pH 4,0. Раствор фосфатного буфера использовался в качестве среды для определения контрольной термоустойчивости выбранного штамма тест-культуры микроорганизма.

Титр спорых суспензий устанавливали высевом соответствующих разведений на твердую питательную среду сусло-агар по НТД как средневзвешенное значение из двух подсчетов последовательных разведений. Полученные спорые суспензии содержали в 1 см³ не менее 10⁸ спор.

Количество образовавшихся спор контролировали микроскопированием нативного препарата с помощью фазово-контрастной микроскопии с применением микроскопа Zeiss с программным обеспечением AxioVision Rel.4.8 и камерой Canon PC 1200. Суспензии содержали преломляющие свет блестящие споры в количестве не менее 95% по отношению к общему числу спор.

Кривые термической инактивации (кривые выживаемости) спор были рассчитаны с помощью коэффициента выживаемости во время прогрева при постоянной температуре. Параметры термоустойчивости спор D_T и z в исследуемых средах определяли капиллярным методом и рассчитывали по формулам из кривых выживаемости и термоустойчивости. Существенным моментом, определяющим выбор капиллярного метода, являлась жидкая консистенция исследуемых продуктов [10]. В продукт перед прогревом в капиллярах вносили концентрированную спорую суспензию *A. fischeri*.

Прогрев спор производили по методу Штерна и Проктора в модификации ВНИИКОП [4,10]. Этот метод основан на выявлении присутствия жизнеспособных спор микроорганизмов в нескольких капиллярах (не менее четырех) через определенные промежутки времени прогрева при заданной температуре.

Капилляры представляли собой тонкостенные стеклянные трубки, имеющие внешний диаметр 3 мм и длину 7,5 см. Капилляры со спорыми суспензиями прогревали в водной среде в циркуляционном термостате серии LOIP LT-311 с точностью 0,1 °C.

Содержимое капилляров со спорами в буферном растворе или яблочных соках после прогрева и охлаждения высевали в чашки Петри с сусло-агаром, которые инкубировали при 30°C в течение 3–5 сут. Подсчет оставшегося после прогревов количества жизнеспособных спор в буферном растворе и в яблочных соках определяли посевом соответствующих разведений на твердую питательную среду сусло-агар.

В каждом капилляре содержалось 0,1 см³ продукта с не менее 1×10^6 жизнеспособных спор. При этом время теплопроникновения

в капилляр для достижения температуры прогрева было принято равным 7 с [10].

Для каждого времени прогрева высевали по четыре капилляра и определяли зависимость остаточной концентрации выживших спор от продолжительности прогревов. Искомую зависимость определяли, представляя ее в полулогарифмической шкале «lgN – продолжительность обработки» с последующей аппроксимацией на основании предположения о линейном виде искомой зависимости:

$$\lg N = \lg N_0 - k \cdot \tau, \quad (2)$$

где N – остаточная концентрация выживших спор микроорганизмов, КОЕ/г; N_0 – концентрация спор микроорганизмов в начальный момент времени, КОЕ/г; τ – продолжительность обработки, мин; k – темп гибели спор микроорганизмов в результате обработки, lg(КОЕ/г) / мин.

В качестве промежуточного параметра термоустойчивости микроорганизмов при температуре обработки T принимали величину параметра D_T , определяемую как продолжительность обработки, необходимую для уменьшения концентрации выживших спор микроорганизмов на один порядок. Формально данный показатель является величиной, обратной k :

$$D_T = 1 / k. \quad (3)$$

В качестве второго параметра термоустойчивости использовали величину z – изменение температуры, необходимое для изменения параметра D_T на один порядок. Для этого в полулогарифмических координатах представляли зависимость параметра $\lg D_T$ от температуры обработки. Данные аппроксимировали линейной функцией методом наименьших квадратов [20]:

$$\lg D_T = \lg D_0 - k_D \cdot T, \quad (4)$$

где $\lg D_0$ – значение $\lg D_T$ при $T = 0$; k_D – темп изменения $\lg D_T$, lg(мин)/°C.

В этом случае параметр z является величиной, обратной от k_D (°C/lg(мин), или – для простоты – °C):

$$z = 1 / k_D.$$

Кривые термической инаktivации спор являются линейными линиями регрессии для коэффициента скорости гибели спор. В программе Microsoft Excel такому уравнению соответствует линия тренда – это графическое представление закономерности изменения ряда данных.

Для определения значений параметра z строили кривую термического отмирания спор, используя значения параметра D_T , полученные при четырех температурах прогрева.

Результаты и обсуждение

На основании полученных экспериментальных данных прогревов споровых суспензий в диапазоне температур 80–95 °C для каждой температуры построены зависимости концентрации жизнеспособных спор микроорганизмов от времени обработки различных образцов соковой продукции с различными концентрациями РСВ в изотермических условиях. Обработка экспериментальных данных кинетики гибели микроорганизмов в области определения продолжительности тепловой обработки может быть удовлетворительно аппроксимирована линейной функцией (рисунок 1). Построенные зависимости кинетики гибели спор в изотермических условиях в продуктах с различным содержанием РВС соответствуют кинетике первого порядка с коэффициентом корреляции линейности в диапазоне от 0,93 до 0,98.

На основе кинетики гибели спор *A. fischeri* (рисунок 1) и расчетов по формулам (1)–(4) определили значения параметров термоустойчивости D_T и z (таблица 1).

Таблица 1.

Значения параметров термоустойчивости спор *A. fischeri*

Table 1.

Thermal stability parameters of *A. fischeri* spores

PCB, % Brix	T , °C	Фосфатный буфер Phosphate buffer	Осветленный яблочный сок Clarified Apple juice	Яблочный сок с мякотью Apple juice with pulp	Концентрированный яблочный сок Concentrated Apple juice
	–	1,33	11,2	16,0	70,0
D , мин	80	16,68	22,07	24,75	27,10
	85	4,90	6,81	7,94	8,74
	90	0,42	0,82	0,95	1,33
	95	0,07	0,16	0,23	0,40
z , °C	–	6,06	6,83	7,17	7,92

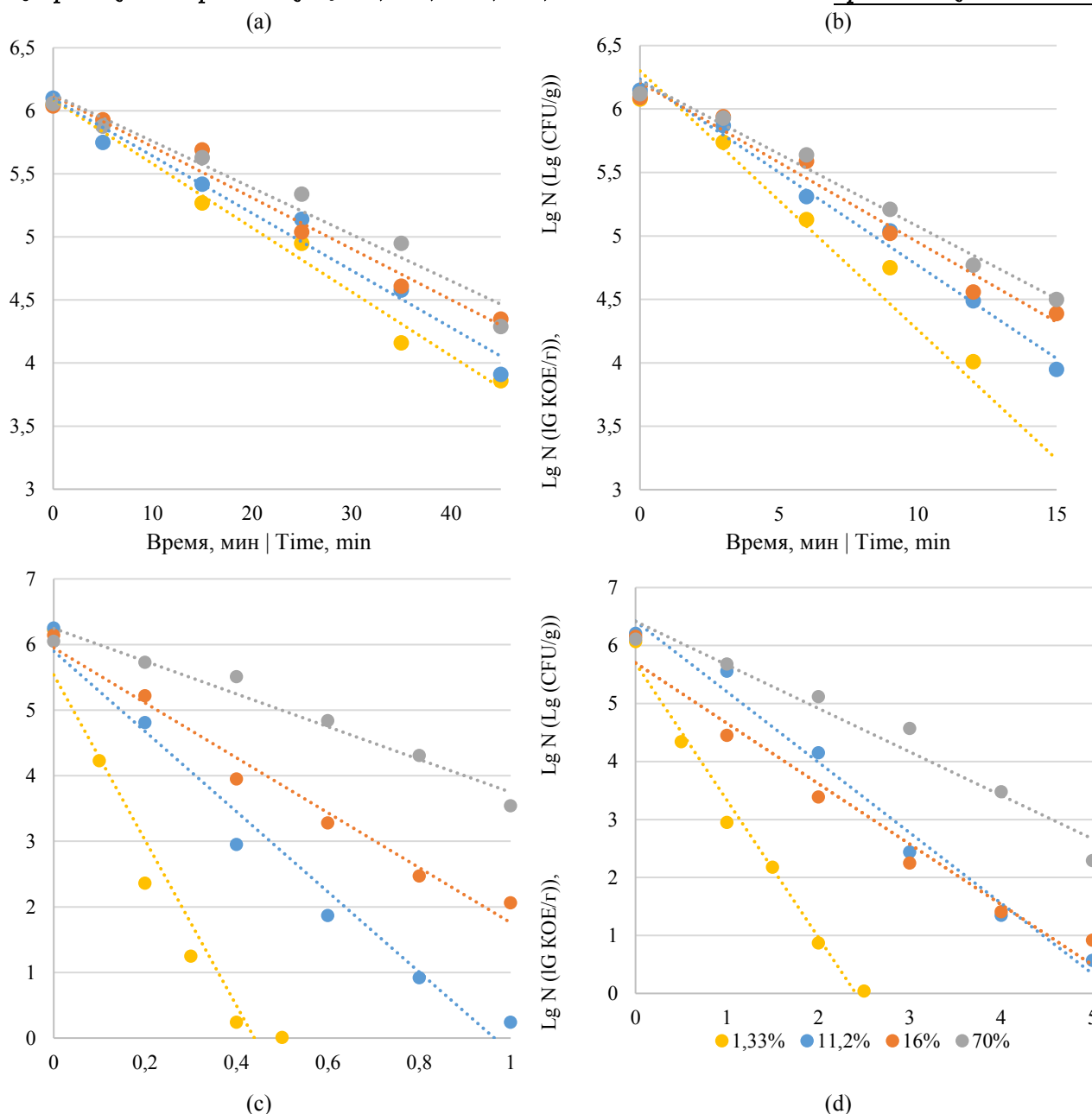


Рисунок 1. Кинетика гибели спор *A. fischeri* в процессе тепловой обработки в изотермических условиях, °C: а – 80; б – 85; в – 90; д – 95 для образцов соковой продукции с концентрациями РСВ, %: 1,33; 11,2; 16,0 и 70,0.

Figure 1. Kinetics of *A. fischeri* spore death during heat treatment under isothermal conditions, °C: а – 80; б – 85; в – 90; д – 95 for samples of juice products with RSV concentrations, %: 1.33; 11.2; 16.0 and 70.0.

На основании полученных данных установлено, что с ростом концентрации растворимых сухих веществ в яблочных соках увеличивается термоустойчивость спор *A. fischeri*. То есть для достижения одного и того же стерилизующего эффекта (количество порядков концентрации микроорганизмов, на которое происходит ее снижение) требуется большая продолжительность обработки. В силу зависимости показателя D_T от температуры обработки в качестве показателя термоустойчивости микроорганизмов используют его значение, соответствующее базисной (реперная) температуре для данного вида

микроорганизмов. Основным постулатом существующих подходов в России к разработке или подтверждению режима стерилизации является линейность зависимостей параметров термоустойчивости от температуры и времени, а также использования принципа Вант-Гоффа при расчете динамики летальности на основании кривых прогрева продукта в наименее прогреваемой зоне. Таким образом, для упрощения расчетов, связанных с режимами стерилизации, целесообразно использование некоторого реперного значения температуры, относительно которого затем и определяют изменение летальности.

Как правило, данная температура постулируется в привязке к той или иной группе микроорганизмов и обычно соответствует 121 °С [20]. Для отдельных групп микроорганизмов, обладающих меньшей термоустойчивостью, реперная температура может быть ниже. Так, для спор для *A. fischeri* в яблочных соках она составляет 95 °С.

Поскольку параметры термоустойчивости микроорганизмов и их спор определяются двумя показателями (D_T и z), возникает необходимость приведения зависимости каждого из этих показателей к целевому фактору, определяющему отличия одного анализируемого продукта от другого. Для этого нами были определены зависимости D_{95} и z от концентрации РСВ. В обоих случаях зависимость имела вид:

$$y = a + b \cdot \ln(x),$$

где a , b – коэффициенты; x – концентрация РСВ, %.

Значения коэффициентов и статистические характеристики найденных зависимостей приведены в таблице 2. Сами зависимости представлены на рисунке 2.

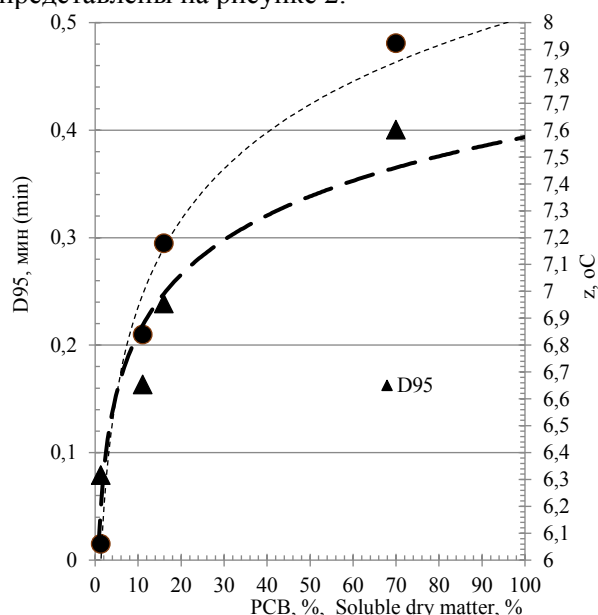


Рисунок 2. Параметры термоустойчивости D и z спор *A. fischeri* при различных концентрациях сухих веществ (РСВ)

Figure 2. The thermal stability parameters of D and z spores of *A. fischeri* at various concentrations of solids (RSV)

Для найденных зависимостей критическими являются квадрат коэффициента корреляции, отражающий тесноту их связи с аналитическими данными, и коэффициент b , отражающий угол наклона прямой, то есть чувствительность к величине концентрации РСВ.

В таблице 2 представлены коэффициенты и статистические характеристики параметров z и D_{95} по обоим показателям b и R^2 .

Таблица 2.

Характеристики зависимостей параметров термоустойчивости от концентрации РСВ

Table 2.

Characteristics of the dependences of the parameters of thermal stability on the concentration of RSV

Параметры термоустойчивости Thermal stability parameters	Коэффициенты и статистические характеристики Coefficients and statistical characteristics		
	a	b	R^2
D_{95}	0,0276	0,0794	0,9061
z	5,8630	0,4685	0,9820

Заключение

Установлена динамика коэффициентов параметров термоустойчивости D и z спор плесневого гриба *A. fischeri* (тест-культуры) от концентрации РСВ соковой продукции. Результаты исследований показали, что с ростом концентрации РСВ растет термоустойчивость спор. Темп нарастания термоустойчивости снижается с увеличением концентрации РСВ.

Поскольку концентрация РСВ влияет на реологические свойства продукции (вязкость), это приводит к изменению кинетики прогрева у продуктов с конвекционным теплообменом, следовательно, рост концентрации РСВ неизбежно должен приводить не только к увеличению термоустойчивости спор микроорганизмов, но и смещению области оптимальных режимов тепловой обработки в сторону увеличения термической нагрузки для обеспечения нормативных требований микробиологической безопасности.

Литература

- 1 Choi L.H., Nielsen S.S. The effect of thermal and non-thermal processing methods on apple cider quality and consumer acceptability // Journal of Food Quality. 2005. № 28. P. 13–29.
- 2 Yousef A., Balasubramaniam V. Physical Methods of Food Preservation // Food Microbiology; edited by Michael P. Doyle, Robert L. Buchanan. Washington: ASM Press, 2013. P. 737–763.
- 3 Волкова Р.А., Позднякова Т.А., Левшенко М.Т. Исследование возможности развития спор *Clostridium botulinum* во фруктовых консервах из персиков, абрикосов и груш // Вестник Крас ГАУ. 2018. № 2. С. 129–136.
- 4 Fujikawa H., Morozumi S., Smerage G.H., Teixeira A.A. Comparison of capillary and test tube procedures for analysis of thermal inactivation kinetics of mold spores // J. Food Prot. 2000. V. 63. P. 1404–1409.

- 5 Русанова Л.А., Михайлюта Л.В., Коробкина Н.С., Чуприна С.С. Термоустойчивость спор *Cl. botulinum* при стерилизации овощных закусочных консервов // Пищевая промышленность. 2004. № 4.
- 6 Емцев В.Т. Микробиология. М., 2018.
- 7 Мармузова Л.В. Основа микробиологии, санитарии и гигиены в пищевой промышленности. М., 2004. 136 с.
- 8 Касимханова Л.И. Влияние физических факторов на микроорганизмы // Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». 2018.
- 9 Tournas V. Heat-Resistant Fungi of Importance to the Food and Beverage // Industry Critical Reviews in Microbiology. 1994. V. 20. P. 195–199.
- 10 Левшенко М.Т., Каневский Б.Л., Покудина Г.П., Борченкова Л.А. Изучение кинетики гибели спор *Clostridium botulinum* при производстве гетерогенных консервированных продуктов // Наука, питание и здоровье: Материалы конгресса, г. Минск, 8–9 июня 2017 г. С. 431–438.
- 11 Шобингер У. Фруктовые и овощные соки: научные основы и технологии: пер. с нем. под общ. науч. ред. А.Ю. Колеснова, Н.Ф. Берестина и А.В. Орещенко. СПб: Профессия, 2004. 640 с.
- 12 Aneja K.R., Dhiman R., Kumar N.A., Aneja A. Review Article. Emerging Preservation Techniques for Controlling Spoilage and Pathogenic Microorganisms in Fruit Juices // International Journal of Microbiology. 2014. P. 14.
- 13 Fujikawa H., Morozumi S., Smegare G.H., Teixeira A.A. Thermal Inactivation Patterns of *Aspergillus niger* Spores in Capillaries // Biocontrol Science. 2001. V. 6. № 1. P. 17–20.
- 14 Engel G., Teuber M. Heat resistance of ascospores of *Byssoschlamys nivea* in milk and cream // Int. J. Food Microbiol. 1991. № 12. P. 225–234.
- 15 King A.D., Bayne H.G., Alderton G. Nonlogarithmic death rate calculations for *Byssoschlamys fulva* and other microorganisms // Appl. Environ. Microbiol. 1979. № 37. P. 596–600.
- 16 McEvoy I.J., Mary R. Stuart Temperature Tolerance of *Aspergillus fischeri* var. Glaber in Canned Strawberries // Irish Journal of Agricultural Research. 1970. V. 9. № 1. P. 59–67.
- 17 Самсонова А.Н., Ушева В.Б. Фруктовые и овощные соки (Техника и технологии). Москва: Агропром, 1990. 287 с.
- 18 Левшенко М.Т., Каневский Б.Л. Оптимизация расчета требуемой летальности при разработке режимов стерилизации и пастеризации гомогенных фруктовых консервов // Актуальные вопросы индустрии напитков: Сборник научных трудов. 2018. Т. 2. С. 81–86.
- 19 Friso D. A New Mathematical Model for Food Thermal Process Prediction // Modelling and Simulation in Engineering. 2013. doi: 10.1155/2013/569473
- 20 Бабарин В.П. Стерилизация консервов. СПб: ГИОРД, 2006. 312 с.
- 21 Апалькова Г.Д., Попова Н.В. Актуальные направления национальной стандартизации в современных условиях индустрии инжиниринга новых продуктов питания функционального и специализированного назначения // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2019. Т. 7. № 3. С. 5–12. doi: 10.14529/food190301
- 22 Cerf O., Grosclaude G., Vermeire D. Apparatus for the Determination of Heat Resistance of Spores // Applied microbiology. 1970. V. 19. № 4. P. 696–697.

References

- 1 Choi L.H., Nielsen S.S. The effect of thermal and non-thermal processing methods on apple cider quality and consumer acceptability. Journal of Food Quality. 2005. no. 28. pp. 13–29.
- 2 Yousef A., Balasubramaniam V. Physical Methods of Food Preservation. Food Microbiology; edited by Michael P. Doyle, Robert L. Buchanan. Washington, ASM Press, 2013. pp. 737–763.
- 3 Volkova R.A., Pozdnyakova T.A., Levshenko M.T. Investigation of the potential for the development of spores of *Clostridium botulinum* in canned fruit from peaches, apricots and pears. Vestnik Kras GAU. 2018. no 2. pp. 129–136. (in Russian).
- 4 Fujikawa H., Morozumi S., Smerage G.H., Teixeira A.A. Comparison of capillary and test tube procedures for analysis of thermal inactivation kinetics of mold spores. J. Food Prot. 2000. vol. 63. pp. 1404–1409.
- 5 Rusanova L.A., Mikhaylyuta L.V., Korobkina N.S., Chuprina S.S. Heat resistance of spores *Cl. botulinum* during sterilization of canned vegetable snacks. Food industry. 2004. no 4. (in Russian).
- 6 Yemtsev V.T. Microbiology. Moscow, 2018. (in Russian).
- 7 Marmuzova L.V. The basis of microbiology, sanitation and hygiene in the food industry. Moscow, 2004. 136 p. (in Russian).
- 8 Kasimkhanova L.I. The influence of physical factors on microorganisms. Materials of the X International Student Scientific Conference “Student Scientific Forum”. 2018.
- 9 Tournas V. Heat-Resistant Fungi of Importance to the Food and Beverage. Industry Critical Reviews in Microbiology. 1994. vol. 20. pp. 195–199.
- 10 Levshenko M.T., Kanevsky B.L., Pokudina G.P., Borchenkova L.A. Studying the kinetics of the death of spores of *Clostridium botulinum* in the production of canned food heterogeneous. Science, Nutrition, and Health: Materials of the Congress, Minsk, June 8–9, 2017. pp. 431–438. (in Russian).
- 11 Schobinger W. Fruit and vegetable juices: scientific foundations and technologies. St. Petersburg, Professiya, 2004. 640 p. (in Russian).
- 12 Aneja K.R., Dhiman R., Kumar N.A., Aneja A. Review Article. Emerging Preservation Techniques for Controlling Spoilage and Pathogenic Microorganisms in Fruit Juices. International Journal of Microbiology. 2014. pp. 14.
- 13 Fujikawa H., Morozumi S., Smegare G.H., Teixeira A.A. Thermal Inactivation Patterns of *Aspergillus niger* Spores in Capillaries. Biocontrol Science. 2001. vol. 6. no. 1. pp. 17–20.
- 14 Engel G., Teuber M. Heat resistance of ascospores of *Byssoschlamys nivea* in milk and cream. Int. J. Food Microbiol. 1991. no. 12. pp. 225–234.

- 15 King A.D., Bayne H.G., Alderton G. Nonlogarithmic death rate calculations for *Byssoschlamys fulva* and other microorganisms. *Appl. Environ. Microbiol.* 1979. no. 37. pp. 596–600.
- 16 McEvoy I.J., Mary R. Stuart Temperature Tolerance of *Aspergillus fischeri* var. *Glaber* in Canned Strawberries. *Irish Journal of Agricultural Research*. 1970. vol. 9. no. 1. pp. 59–67.
- 17 Samsonova A.N., Usheva V.B. Fruit and vegetable juices (Technique and technology). Moscow, Agroprom, 1990. 287 p. (in Russian).
- 18 Levshenko M.T., Kanevsky B.L. Optimization of the calculation of the required mortality in the development of sterilization and pasteurization of homogeneous canned fruit. Actual problems of the beverage industry: Collection of scientific papers. 2018. vol. 2. pp. 81–86. (in Russian).
- 19 Friso D. A New Mathematical Model for Food Thermal Process Prediction. *Modelling and Simulation in Engineering*. 2013. doi: 10.1155/2013/569473
- 20 Babarin V.P. Sterilization of canned food. St. Petersburg, GIOR, 2006. 312 p. (in Russian).
- 21 Apalkova G.D., Popova N.V. Actual directions of national standardization in modern conditions of the engineering industry for new food products for functional and specialized purposes. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnologies*. 2019. vol. 7. no. 3. pp. 5–12. doi: 10.14529/food190301 (in Russian).
- 22 Cerf O., Grosclaude G., Vermeire D. Apparatus for the Determination of Heat Resistance of Spores. *Applied microbiology*. 1970. vol. 19. no. 4. pp. 696–697.

Сведения об авторах

Владимир В. Кондратенко к.т.н., зам. директора по научной работе, доцент, Всероссийский НИИ технологии консервирования - филиал ФГБНУ "Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН, ул. Школьная 78, Видное, 142703, Россия, nauka@vniitek.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0913-5644>

Марина В. Тришканева к.х.н., ведущий научный сотрудник, Всероссийский НИИ технологии консервирования - филиал ФГБНУ "Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН, ул. Школьная 78, Видное, 142703, Россия, labnta@vniitek.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4444-0716>

Михаил Т. Левшенко старший научный сотрудник, Всероссийский НИИ технологии консервирования - филиал ФГБНУ "Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН, ул. Школьная 78, Видное, 142703, Россия, lev-mika@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7667-797X>

Тамара А. Поздныкова старший научный сотрудник, Всероссийский НИИ технологии консервирования - филиал ФГБНУ "Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН, ул. Школьная 78, Видное, 142703, Россия, pozdnykova@vniitek.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4080-9309>

Анастасия Ю. Колоколова к.т.н., ведущий научный сотрудник, Всероссийский НИИ технологии консервирования - филиал ФГБНУ "Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова" РАН, ул. Школьная 78, Видное, 142703, Россия, aykolokolova@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9816-1720>

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Vladimir V. Kondratenko Cand. Sci. (Engin.), associated professor, deputy director for science, Russian Research Institute of Canning Technology – branch of the Gorbato Federal Research Center for Food Systems at Russian Academy, Shkol'naya str., 78, Vidnoe, 142703, Russia, nauka@vniitek.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0913-5644>

Marina V. Trishkaneva Cand. Sci. (Chem.), leading researcher, Russian Research Institute of Canning Technology – branch of the Gorbato Federal Research Center for Food Systems at Russian Academy, Shkol'naya str., 78, Vidnoe, 142703, Russia, labnta@vniitek.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4444-0716>

Michail T. Levshenko senior researcher, Russian Research Institute of Canning Technology – branch of the Gorbato Federal Research Center for Food Systems at Russian Academy, Shkol'naya str., 78, Vidnoe, 142703, Russia, lev-mika@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7667-797X>

Tamara A. Pozdnyakova senior researcher, Russian Research Institute of Canning Technology – branch of the Gorbato Federal Research Center for Food Systems at Russian Academy, Shkol'naya str., 78, Vidnoe, 142703, Russia, pozdnykova@vniitek.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4080-9309>

Anastasiya Yu. Kolokolova Cand. Sci. (Engin.), Russian Research Institute of Canning Technology – branch of the Gorbato Federal Research Center for Food Systems at Russian Academy, Shkol'naya str., 78, Vidnoe, 142703, Russia, aykolokolova@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9816-1720>

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 16/08/2019	После редакции 24/08/2019	Принята в печать 02/09/2019
Received 16/08/2019	Accepted in revised 24/08/2019	Accepted 02/09/2019

Изучение органолептических и физико-химических показателей снеков на основе рябины черноплодной (*Aronia melnocarpa*)

Екатерина А. Васильева	¹	katerinavasileva99@yahoo.com	 0000-0002-5250-7677
Елена А. Елисеева	¹	e11seevaml@ya.ru	 0000-0001-9179-2194
Надежда В. Макарова	¹	makarovnv1969@mail.ru	 0000-0002-00112-0085
Динара Ф. Игнатова	¹	dinara-bakieva@mail.ru	 0000-0002-1478-039X
Юлия И. Солина	¹	u.solina@ya.ru	 0000-0003-3254-9463

¹ Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, Россия

Аннотация. Объектами исследований являлись ягоды рябины черноплодной, пюре рябины черноплодной, снеки, сублимированные из рябины черноплодной, и снеки, сублимированные из рябины черноплодной с добавлением 5 % пектина. Для исследуемых образцов были определены органолептические показатели, содержание растворимых сухих веществ, сахаров, титруемая кислотность, содержание витамина С, пищевых волокон, общее содержание фенольных веществ, флавоноидов, антоцианов, антирадикальная активность по методу DPPH, восстанавливающая способность по методу FRAP. Определение общего содержания флавоноидов, антоцианов и фенольных веществ, а также восстанавливающей активности исследуемых образцов как показателей, характеризующих антиоксидантную активность соединений, показало положительное влияние измельчения как механической обработки и сублимационной сушки как тепловой обработки на антиоксидантные свойства рябины черноплодной. В результате определения содержания пищевых волокон, растворимых сухих веществ, сахаров и титруемой кислотности, антирадикальных свойств в исследуемых образцах выявлено увеличение значений данных показателей в 3-6 раз в процессе сублимационной сушки, что показывает целесообразность использования данного вида тепловой обработки при производстве функциональных продуктов на основе рябины черноплодной. Определение содержания витамина С в исследуемых образцах позволяет сделать вывод об отрицательном воздействии сублимационной сушки на содержание витамина С в рябине черноплодной. Разработана методология органолептической оценки нового вида сублимированных снеков на основе пюре рябины черноплодной. Установлено, что новый вид снеков обладает высокими органолептическими показателями, что делает их производство перспективным направлением.

Ключевые слова: рябина черноплодная, сублимационная сушка, экстракция, антирадикальная активность, антиоксидантная активность, сухие вещества, сахара, титруемая кислотность, витамин С, пищевые волокна, фенольные вещества, флавоноиды, антоцианы, восстанавливающая способность.

Study of organoleptic and physico-chemical parameters of snacks based on mountain ash (*Aronia melnocarpa*)

Ekaterina A. Vasilieva	¹	katerinavasileva99@yahoo.com	 0000-0002-5250-7677
Elena A. Eliseeva	¹	e11seevaml@ya.ru	 0000-0001-9179-2194
Nadezhda V. Makarova	¹	makarovnv1969@mail.ru	 0000-0002-00112-0085
Dinara F. Ignatova	¹	dinara-bakieva@mail.ru	 0000-0002-1478-039X
Yulia I. Solina	¹	u.solina@ya.ru	 0000-0003-3254-9463

¹ Samara State Technical University, ul. Molodogvardeiskaya, 244, Samara, 443100, Russia

Abstract. The objects of study were chokeberry berries, mashed chokeberry berries, snacks sublimated from chokeberry, and snacks sublimated from chokeberry with the addition of 5% pectin. Organoleptic indicators, soluble solids, sugars, titratable acidity, content of vitamin C, dietary fiber, total phenolic content, flavonoids, anthocyanins, anti-radical activity by DPPH method, restoring ability by FRAP method were determined for the studied samples. Determination of the total content of flavonoids, anthocyanins and phenolic substances, as well as the restoring activity of the studied samples as indicators characterizing the antioxidant activity of the compounds, showed the positive effect of grinding as mechanical processing and freeze-drying as heat treatment on the antioxidant properties of chokeberry. As a result of determining the content of dietary fiber, soluble solids, sugars and titratable acidity, antiradical properties in the studied samples, an increase in the values of these indicators by 3-6 times in the process of freeze-drying was revealed, which shows the feasibility of using this type of heat treatment in the production of functional products based on chokeberry. Determination of the vitamin C content in the test samples allows us to conclude that the freeze-drying has a negative effect on the vitamin C content in aronia. A methodology for organoleptic evaluation of a new type of freeze-dried snacks based on mashed chokeberry is developed. It has been established that a new kind of snacks has high organoleptic characteristics, which makes their production a promising direction.

Keywords: chokeberry, freeze-drying, extraction, anti-radical activity, antioxidant activity, dry substances, sugars, titratable acidity, vitamin C, dietary fiber, phenolic substances, flavonoids, anthocyanins, restoring ability.

Для цитирования

Васильева Е.А., Елисеева Е.А., Макарова Н.В., Игнатова Д.Ф., Солина Ю.И. Изучение органолептических и физико-химических показателей снеков на основе рябины черноплодной (*Aronia melnocarpa*) // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 99–110. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-99-110

For citation

Vasilieva E.A., Eliseeva E.A., Makarova N.V., Ignatova D.F., Solina Yu.I. Study of organoleptic and physico-chemical parameters of snacks based on mountain ash (*Aronia melnocarpa*). *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 99–110. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-99-110

Введение

Плоды черноплодной рябины (*Aronia melanocarpa*) используются в пищевой промышленности для производства соков, консервов, настоек, фруктовых чаев и пищевых добавок. Свежие необработанные плоды черноплодной рябины редко употребляются в пищу из-за характерного горького вкуса, обусловленного присутствием значительного количества полифенолов [1]. Основными веществами, обуславливающими антиоксидантное и антиокислительное действие рябины черноплодной, являются полифенолы (3,3%), в том числе антоцианы, проантоцианидины, фенольные кислоты и флавоноиды [2]. Исследование антиоксидантной, антимикробной и нейромодулирующей активности различных полифенольных препаратов из черноплодной рябины (неочищенного экстракта, очищенного экстракта, стандартизированного до 20 и 40%, антоцианинов и проантоцианидинов, а также чистых хлорогеновой кислоты, цианидин-3-О-галактозида, эпикатехина, рутина и кверцетина) показало, что проантоцианидины являются основным фактором, влияющим на антиоксидантную активность свежей черноплодной рябины. Тесты на антимикробную активность против десяти патогенных микроорганизмов показали сильное антимикробное свойство проантоцианидинов черноплодной рябины [3]. Сравнение содержания фенольных соединений и антирадикальной активности трех сортов рябины черноплодной: *Aronia xprunifolia Nero*, *Aronia prunifolia Viking*, *Aronia melanocarpa Galicijanka* и дикой черноплодной рябины показало, что общее содержание фенолов и антоцианов выше в сортах *Aronia prunifolia Viking* и *Aronia xprunifolia Nero* [4].

Исследовано [5] влияние желудочного и панкреатического пищеварения *in vitro* на стабильность и состав основных полифенолов сока черноплодной рябины. Установлено отсутствие значительного влияния желудочного пищеварения на антоцианы, флаван-3-олы, флавонолы и производные кофейной кислоты, содержащиеся в соке рябины черноплодной. Выявлено значительное изменение данных соединений во время пищеварения поджелудочной железой, в большей степени в отношении антоцианов (43% потерь при обработке панкреатином в течение 2 ч). В результате экспериментов установлена высокая чувствительность полифенолов черноплодной рябины к слабым щелочным условиям в тонкой кишке, выявлено положительное влияние капсаицина и капсиата на кишечную абсорбцию антоцианов рябины черноплодной [6].

Для выделения биологически активных соединений из плодов рябины черноплодной и продуктов их переработки используется экстракция. Применение экстракции под высоким давлением жидкости (с использованием 46% этанола под давлением в воде при 165 °С, содержащего 1,8% муравьиной кислоты) к выжимкам плодов черноплодной рябины, полученным после сверхкритической флюидной экстракции, позволяет сохранить высокую антиоксидантную активность и высокое содержание фенолов с выходом 72,5% [7]. Доказано влияние степени измельчения твердого вещества на степень экстракции биологически-активных соединений. Наибольшая степень экстракции наблюдалась при наибольшей степени измельчения исследуемого образца [8].

Исследовано [9] изменение полифенолов, антиоксидантной активности и липидных композиций в черноплодной рябине во время твердофазной ферментации (SSF) с *Aspergillus niger* и *Rhizopus oligosporus*. Доказано повышение количества фенольных соединений в экстракте более чем в 1,7 раза в течение обоих процессов ферментации.

Разработана технология производства микроинкапсулированного экстракта рябины черноплодной, направленная на повышение стабильности и биодоступности полифенолов, позволяющая использовать экстракты плодов в фармацевтических целях [10]. В качестве материалов стенок капсул для инкапсулирования антоцианов из высушенного методом распылительной сушки сока черноплодной рябины использовался мальтодекстрин с добавлением гуаровой камеди, гуммиарабика, пектина, β -глюкана и инулина. В образцах микрокапсул с добавлением β -глюкана наблюдалось наиболее высокое содержание антоцианов в течение 7 дней с момента инкапсулирования, образцы с добавлением пектина отличались наивысшим содержанием витамина С. Полученные данные показывают перспективность использования инкапсулирования как метода поддержания стабильности антоцианов сока черноплодной рябины [11].

Экспериментально доказано [12] влияние черноплодной рябины на радикальное окисление липидов, связанное со старением клеток организма, показан аддитивный эффект черноплодной рябины на увеличение экспрессии гена антиоксидантного фермента в печени и, как следствие, ослабление перекисного окисления липидов в сыворотке, печени и почках крыс. Выявлено положительное влияние регулярного употребления в течение 8 недель черноплодной рябины в дозировке 8 мг антоцианов на кг массы тела в день на сердечно-сосудистую систему, печень

и метаболические параметры лабораторных крыс [13]. Исследование *in vitro* влияния экстракта черноплодной рябины на активность панкреатической амилазы и липазы у свиней продемонстрировало, что метанольный, водный и уксусный экстракты черноплодной рябины вызывают ингибирование α -амилазы и липазы, при этом наивысшую ингибирующую активность проявляют метанольный и уксусный экстракты. Наиболее эффективным ингибитором панкреатической α -амилазы была хлорогеновая кислота ($0,57 \pm 0,16$ мг/мл). В группе антоцианинов самым сильным ингибитором α -амилазы был цианидин-3-глюкозид ($1,74 \pm 0,04$ мг/мл), который также показал способность ингибировать реакцию, катализируемую панкреатической липазой.

Результаты исследований показывают перспективность использования черноплодной рябины в качестве функционального пищевого компонента для борьбы с ожирением [14]. Исследования показывают, что употребление экстракта высушенных плодов рябины черноплодной оказывает положительное влияние на профилактику сердечно-сосудистых заболеваний. Она имеет потенциал в качестве пищевой добавки при артериальной гипертонии [15, 16]. Доказано [17] благоприятное воздействие черноплодной рябины на организм человека при лечении и профилактике инфекций мочевыводящих путей. Установлено [18] лечебное действие порошка из черноплодной рябины при лечении неалкогольной жировой болезни печени (НАЖБП) за счет регулирования уровня экспрессии стеролрегуляторного связывающего элемента белка, ацетил-КоА-карбоксилазы и FAS, что приводит к уменьшению размера жировых капель в печени. Выявлено [1] положительное влияние черноплодной рябины при таких заболеваниях, как дислипидемия, гипертония, ожирение, нарушение метаболизма глюкозы, провоспалительные состояния и риск тромбоза. Перспективным направлением является исследование способности черноплодной рябины ингибировать развитие различных видов рака, включая лейкоз, рак молочной железы и кишечника.

Исследование полифенольного состава различных фракций жмыха рябины черноплодной, полученного в результате промышленной переработки ягод в сок, показало [19] целесообразность отделения семян в качестве ценного сырья, богатого жирами (13,9%), белками (24%) и минеральными соединениями. Фракции без косточек, характеризующиеся особенно высоким содержанием пищевых волокон (~75%), проантоцианидинов (12000 мг/100 г) и антоцианов (1200 мг/100 г), могут быть использованы при

производстве полифенольных экстрактов и препаратов пищевых волокон.

Изучены антиоксидантные свойства и физиологическое воздействие на пищеварительную систему диетических препаратов, содержащих пшеничное или овсяное волокно, обогащенное экстрактами полифенолов из жмыха клубники, черноплодной рябины и черной смородины [20].

Таким образом, ягоды черноплодной рябины являются перспективным источником биологически активных соединений.

Материалы и методы

Объектами исследований являлись ягоды рябины черноплодной (*Aronia melnocarpa*), пюре рябины черноплодной, снеки, сублимированные из рябины черноплодной, и снеки сублимированные, из рябины черноплодной с добавлением 5% пектина.

Пюре получали путем измельчения ягод рябины черноплодной с использованием лабораторного измельчителя; снеки сублимированные получали путем сублимационной сушки пюре; для получения снеков, сублимированных на основе пюре рябины черноплодной с добавлением пектина к пюре, добавляли 5% пектина от массы пюре, затем производили сублимационную сушку.

Для проведения испытаний получали водно-этанольные экстракты исследуемых продуктов. Для получения экстрактов навеску вещества массой 2 г смешивали с 20 мл растворителя (соотношение воды дистиллированной и спирта этилового для получения этально-водного экстракта – 1:1).

В основу разработанной методики для определения органолептических характеристик сублимированных снеков были положены принципы дескрипторного анализа. Была проведена органолептическая оценка сублимированных снеков на основе пюре рябины черноплодной в соответствии с разработанной шкалой и согласно ГОСТ 5897–90, ГОСТ 31986–2012, ГОСТ ISO 11036–2017, ГОСТ ISO 11037–2013, ГОСТ ISO 13299–2015, ГОСТ ISO 16779–2017, ГОСТ ISO 6658–2016. В соответствии с разработанной шкалой члены экспертной комиссии оценивали образцы по показателям «интенсивность флейвора», «внешний вид», «отсутствие вреда здоровью», «быстрота гомогенизации в ротовой полости» и «хруст» (таблица 1).

Определение содержания растворимых сухих веществ в ягодах рябины черноплодной (*Aronia melnocarpa*), пюре рябины черноплодной, снеках, сублимированных из рябины черноплодной, и снеках, сублимированных из рябины

черноплодной с добавлением 5% пектина проводили по ГОСТ 33977–2016; содержание сахара по ГОСТ 8756.13–87; титруемую кислотность по ГОСТ 34127–2017; содержание пищевых волокон по ГОСТ Р 54014–2010; содержание витамина С по ГОСТ 24556–89 флуорометрическим методом.

Общее содержание фенольных веществ в образцах определяли по методу Folin-Ciocalteu [21]. К экстракту ягод рябины черноплодной (*Aronia melanocarpa*), пюре рябины черноплодной, снеков, сублимированных из рябины черноплодной, и снеков, сублимированных из рябины черноплодной с добавлением 5% пектина объемом 1 мл добавляли 1 мл реагента Фолина-Чокальто и 1 мл насыщенного водного раствора Na_2CO_3 . Инкубировали в течение 30 мин при 25 °С и спектрофотометрировали при 750 нм. Общее содержание фенолов рассчитывали как эквивалент галловой кислоты (мг галловой кислоты / 100 г исходного сырья) по калибровочной кривой.

Общее содержание флавоноидов в образцах определяли по методике [22]. К 0,5 мл экстракта ягод рябины черноплодной (*Aronia melanocarpa*), пюре рябины черноплодной, снеков, сублимированных из рябины черноплодной, и снеков, сублимированных из рябины черноплодной с добавлением 5% пектина добавляли 2,5 мл воды дистиллированной и 0,15 мл раствора нитрита натрия концентрацией 5%. Выдерживали в течение 5 мин при 25 °С, затем добавляли 0,3 мл раствора хлорида алюминия (III) и выдерживали в течение 5 мин, затем спектрофотометрировали при 510 нм. Содержание флавоноидов рассчитывали как эквивалент

катехина (мг катехина/100 г исходного сырья) по калибровочной кривой.

Общее содержание антоцианов определяли согласно ГОСТ Р 53773–2010 путем спектрофотометрирования при двух различных pH (1,0 и 4,5) при 515 и 700 нм. Содержание антоцианов выражали в мг цианидин-3-гликозида/100 г исходного сырья.

Антирадикальную активность определяли по методу DPPH [23]. Методика основана на способности антиоксидантов исходного сырья связывать стабильный хромоген-радикал 2,2-дифенил-1-пикрилгидрозил (DPPH). Аликвоты исследуемого экстракта (0,05; 0,10; 0,40; 0,80; 1,00 и 5,00 мл) растворяли в 100 мл дистиллированной воды. Затем 2 мл каждого раствора добавляли к 2 мл раствора DPPH при 20 °С. Антирадикальную активность выражали в виде концентрации исходного экстракта в мг/мл, при которой происходило связывание 50% радикалов.

Восстанавливающую силу экстрактов определяли по методике FRAP [24]. Для анализа использовали свежеприготовленный раствор FRAP: к 10 мл ацетатного буфера (pH 3,6) добавляли 1 мл 10%-ного раствора хлорида железа (III) и 1 мл раствора 2,4,6-трипиридил-5-триазина (10 ммоль/л 2, 4, 6 трипиридил-5-триазина в 40 ммоль/л HCl) и выдерживали 10 мин при температуре 37 °С. К 0,1 мл исследуемого экстракта добавляли 3 мл дистиллированной воды и 1 мл раствора FRAP и выдерживали в течение 4 мин при 37 °С. Спектрофотометрировали при 593 нм. Восстанавливающую силу определяли по калибровочному графику и выражали в ммоль Fe^{2+} /1 кг исходного сырья.

Таблица 1.

Результаты органолептической оценки снеков, сублимированных на основе пюре рябины черноплодной, и снеков, сублимированных на основе пюре рябины черноплодной с добавлением 5% пектина

Table 1.

The results of the organoleptic evaluation of snacks sublimated on the basis of mashed chokeberry and snacks on the basis of mashed chokeberry with the addition of 5% pectin

Образец Sample	Балльная оценка Scoring				
	Интенсивность флейвора Flavor intensity	Внешний вид Appearance	Отсутствие вреда здоровью No harm to health	Быстрота гомогенизации в ротовой полости Homogenization rate in the oral cavity	Хруст Crunch
Снеки, сублимированные из пюре рябины черноплодной Sublimated snacks from mashed chokeberry	5	4	5	5	5
Снеки, сублимированные из рябины черноплодной с добавлением 5% пектина Sublimated snacks from chokeberry with the addition of 5% pectin	5	5	5	5	5

Результаты и обсуждение

В результате органолептической оценки нового вида сублимированных снеков (таблица 1) было выявлено, что оба образца обладают высокими органолептическими показателями и могут являться перспективными направлениями исследований для создания функциональных пищевых продуктов. Однако было установлено,

что добавление пектина к пюре рябины черноплодной при сублимации позволяет придать снекам более равномерную пористость и, как следствие, улучшить внешний вид.

Результаты определения содержания витамина С, сухих веществ, титруемой кислотности и пищевых волокон в образцах представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Результаты определения содержания витамина С, сухих веществ, титруемой кислотности, сахаров и пищевых волокон в исследуемых образцах

Table 2.

Results of determination of the content of vitamin C, dry substances, titrated acidity, sugars and dietary fibers in the studied samples

Измеряемый показатель Measurable indicator	Ягоды рябины черноплодной Aronia berries	Пюре рябины черноплодной Chokeberry puree	Снеки сублимированные из пюре рябины черноплодной Sublimated snacks from mashed chokeberry	Снеки сублимированные из рябины черноплодной с добавлением 5% пектина Sublimated snacks from chokeberry with the addition of 5% pectin
Содержание растворимых сухих веществ, % The content of soluble solids, %	2,6	2,6	6,5	6,5
Содержание сахаров, % Sugar content, %	1,1	1,1	6,5	6,5
Титруемая кислотность, г/дм ³ Titratable acidity, g/dm ³	1,3	1,3	5,3	5,3
Содержание витамина С, % The content of vitamin C, %	16,1	16,1	17,6	17,6
Содержание пищевых волокон, % The content of dietary fiber, %	4,1	4,4	8,4	8,7

Пищевая ценность черноплодной рябины и продуктов ее переработки зависит от содержания растворимых сухих веществ, представленных сахарами (глюкоза, фруктоза и сахароза), органическими кислотами (лимонная, яблочная и винная) и многоатомными спиртами (сорбитол) [25]. Результаты определения растворимых сухих веществ в образцах показывают, что ягоды рябины черноплодной и пюре рябины черноплодной содержат наименьшее количество растворимых сухих веществ, тогда как снеки, сублимированные на основе пюре рябины черноплодной, и снеки, сублимированные на основе пюре рябины черноплодной с добавлением 5% пектина, обладают наивысшими значениями содержания сухих веществ. Более высокое содержание растворимых сухих веществ в сублимированных образцах (в 2,5 раза выше, чем в ягодах рябины черноплодной и пюре ягод рябины черноплодной) может объясняться отсутствием в них влаги, присутствующей в несублимированных ягодах и пюре.

Содержание сахаров в плодово-ягодной продукции обуславливает сладость продукта, то есть непосредственно влияет на его органолептические характеристики. Растворимые сахара в плодах и ягодах представлены в основном глюкозой, фруктозой и сахарозой [26]. Анализ данных таблицы 2 позволяет отметить, что наименьшим содержанием сахаров обладают ягоды рябины черноплодной и пюре рябины черноплодной, а наибольшим – снеки. Увеличение содержания сахаров в 6 раз в процессе сублимации может объясняться повышением концентрации сухих веществ в сублимированном продукте после полного удаления влаги.

Органические кислоты, содержащиеся в растительном сырье, способствуют активизации деятельности пищеварительных желез, и, как следствие, лучшему усвоению пищи организмом [27].

Согласно данным таблицы 2 ягоды рябины черноплодной и пюре рябины черноплодной обладают более низкими значениями титруемой кислотности по сравнению со снеками.

Сублимационная сушка ягод рябины черноплодной и пюре рябины черноплодной позволяет получить продукт, значения титруемой кислотности которого в 4 раза превышают значения исходного сырья.

Витамин С играет важную роль в качестве клеточного антиоксиданта. В водной фазе он может нейтрализовать гидроксильный, алкоксильный, пероксидный (ROOO) радикалы. Кроме того, витамин С может нейтрализовать радикальную форму других антиоксидантов, таких как глутатионовый радикал и витамин Е, и регенерировать эти антиоксиданты. Сам витамин С легко регенерируется из ацетил-КоА с помощью NADH или NADPH-зависимых редуктаз [28].

Анализ данных о содержании витамина С в исследуемых образцах (см. табл. 2) позволяет сделать вывод о близких значениях показателей всех исследуемых образцов. Содержание витамина С в сублимированных снеках незначительно превышает содержание витамина С в ягодах рябины черноплодной и пюре. Однако в результате сублимации продукт полностью обезвоживается, сохраняя сухие вещества, в результате чего их концентрация в сублимированном продукте должна возрастать пропорционально потерям влаги. Незначительное увеличение содержания витамина С в сублимированных образцах (в 1,1 раз) показывает неустойчивость витамина С в процессе сублимационной сушки.

Пищевые волокна не перевариваются и не поглощаются организмом человека, а подвергаются бактериальной ферментации в желудочно-кишечном тракте и, следовательно, влияют на бактериальный состав ЖКТ [29].

Согласно данным таблицы 2 наименьшим содержанием пищевых волокон обладают

ягоды рябины черноплодной, наивысшим – снеки, сублимированные на основе пюре рябины черноплодной с добавлением пектина. Данные таблицы 2 позволяют сделать вывод об увеличении содержания пищевых волокон в 2 раза в процессе сублимационной сушки.

Анализ данных таблицы 2 позволяет сделать вывод об увеличении показателей титруемой кислотности, содержания пищевых волокон, сухих растворимых веществ и сахаров в процессе сублимации в 3–6 раз. При этом образцы рябины черноплодной и пюре обладают близкими по значениям показателями, так же как и снеки, пюре рябины черноплодной что может объясняться сохранением экстрактивных веществ в процессе сублимации при одновременной потере влаги, что приводит к увеличению концентрации экстрактивных веществ в массе исходного пюре. Результаты показывают перспективность использования нового вида снеков на основе пюре рябины черноплодной в качестве функционального продукта для восполнения дефицита пищевых волокон в организме.

Биологическая активность ягод рябины черноплодной (*Aronia melnocarpa*) отчасти объясняется антиоксидантными свойствами составляющих ее полифенолов. Выявлено, что многие пищевые полифенольные компоненты, полученные из растений, являются более эффективными антиоксидантами *in vitro*, чем витамины Е или С, и могут вносить значительный вклад в защитные эффекты *in vivo* [30].

На рисунке 1 представлены результаты измерений общего содержания фенольных веществ в образцах.

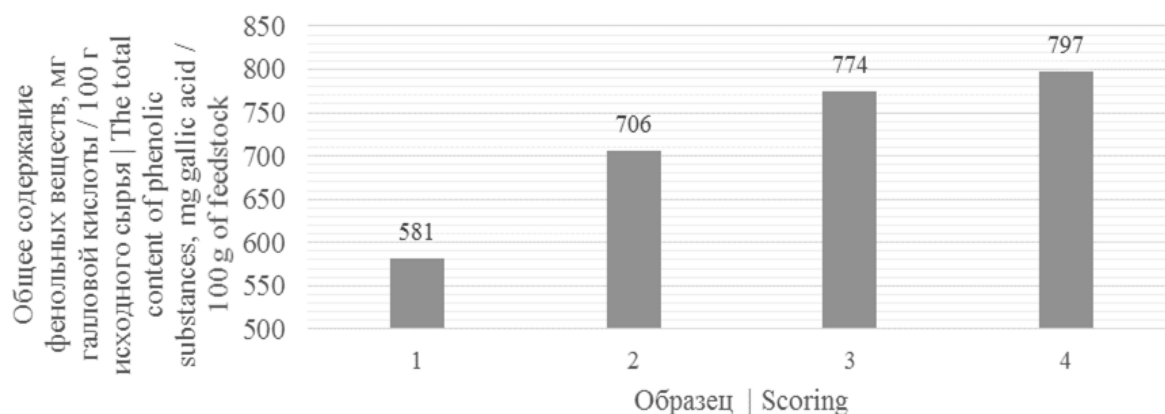


Рисунок 1. Общее содержание фенольных веществ в исследуемых образцах: 1 – ягоды рябины черноплодной; 2 – пюре ягод рябины черноплодной; 3 – снеки, сублимированные из пюре рябины черноплодной; 4 – снеки, сублимированные из пюре рябины черноплодной с добавлением 5% пектина

Figure 1. The total content of phenolic substances in the samples: 1 – berries of mountain ash; 2 – puree of chokeberry berries; 3 – freeze-dried snacks from mashed chokeberry; 4 – freeze-dried snacks from mashed chokeberry with the addition of 5% pectin

Согласно данным рисунок 1 наибольшим содержанием фенольных веществ обладали снеки, сублимированные из пюре рябины черноплодной с добавлением 5% пектина, наименьшим – ягоды рябины черноплодной, что свидетельствует об увеличении содержания фенольных соединений в процессе механической и тепловой обработки (сублимационной сушки) ягод рябины черноплодной.

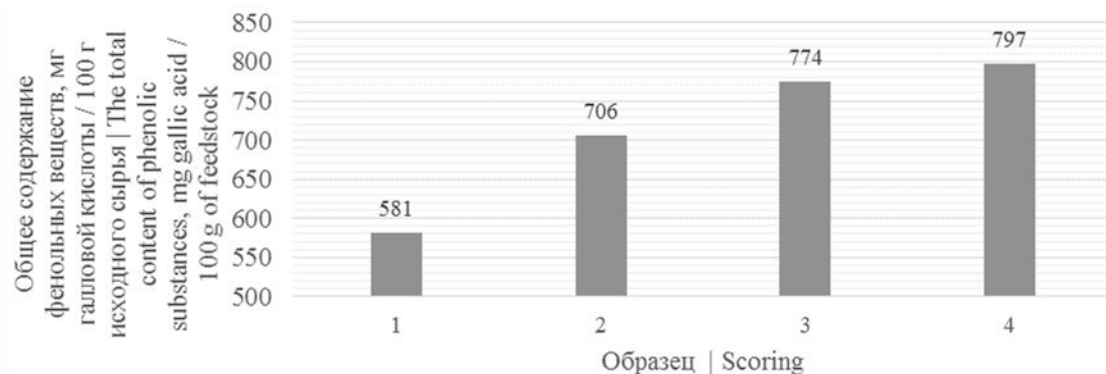


Рисунок 2. Общее содержание флавоноидов в исследуемых образцах: 1 – ягоды рябины черноплодной; 2 – пюре ягод рябины черноплодной; 3 – снеки, сублимированные из пюре рябины черноплодной; 4 – снеки, сублимированные из пюре рябины черноплодной с добавлением 5% пектина

Figure 2. The total content of flavonoids in the samples: 1 – berries of mountain ash; 2 – puree of chokeberry berries; 3 – freeze-dried snacks from mashed chokeberry; 4 – freeze-dried snacks from mashed chokeberry with the addition of 5% pectin

Данные рисунка 2 свидетельствуют о том, что наименьшим содержанием флавоноидов обладали ягоды рябины черноплодной, наибольшим – снеки, сублимированные на основе пюре рябины черноплодной с добавлением пектина. При этом снеки, сублимированные на основе пюре рябины черноплодной, и снеки, сублимированные из пюре рябины черноплодной с добавлением 5% пектина, обладают близкими по значениям показателями содержания флавоноидов.

Антоцианы являются потенциальными фармацевтическими ингредиентами, поскольку

Флавоноиды (биофлавоноиды) являются вторичными метаболитами растений и содержатся в фотосинтезирующих клетках плодов и ягод. Антиоксидантный эффект флавоноидов обусловлен их гидроксильными группами и способностью к хелатированию ионов металлов [31].

На рисунке 2 представлены результаты измерений общего содержания флавоноидов в образцах.

оказывают профилактическое и лечебное действие на организм человека. Исследования показывают, что антоцианины обладают антиоксидантной и антимикробной активностью, оказывают благоприятное воздействие на нервную систему, обладают защитными свойствами в отношении некоторых неинфекционных заболеваний [32].

На рисунке 3 представлены результаты измерений общего содержания антоцианов в образцах.

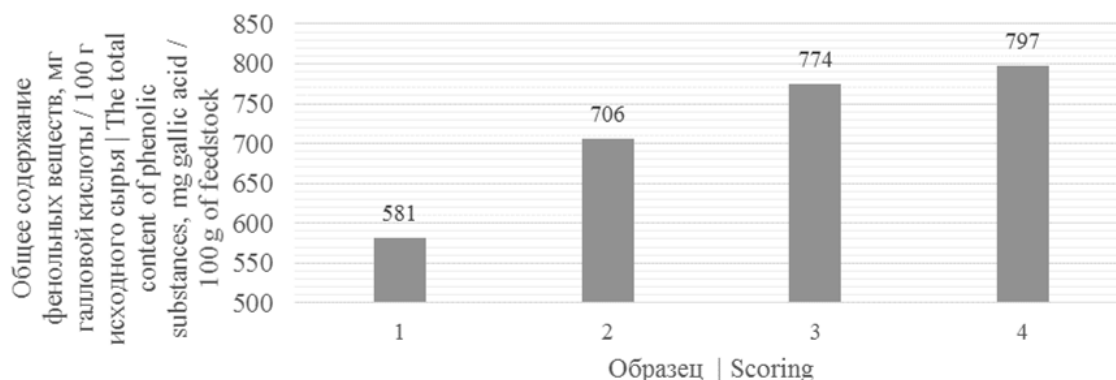


Рисунок 3. Общее содержание антоцианов в исследуемых образцах: 1 – ягоды рябины черноплодной; 2 – пюре ягод рябины черноплодной; 3 – снеки, сублимированные из пюре рябины черноплодной; 4 – снеки, сублимированные из пюре рябины черноплодной с добавлением 5% пектина

Figure 3. The total content of anthocyanins in the studied samples: 1 – berries of mountain ash; 2 – puree of chokeberry berries; 3 – freeze-dried snacks from mashed chokeberry; 4 – freeze-dried snacks from mashed chokeberry with the addition of 5% pectin

Анализ данных рисунка 3 позволяет сделать вывод о близких значениях показателей антоцианов ягод рябины черноплодной и пюре, т.е. образцов, не прошедших сублимационную сушку, и показателей снеков, т. е. образцов, прошедших тепловую обработку в виде сублимационной сушки. Данный факт свидетельствует о перспективности использования сублимационной обработки ягод рябины черноплодной для получения функциональных продуктов с повышенным содержанием антоцианов.

Данные рисунков 1–3 позволяют сделать вывод об увеличении количества фенольных веществ, флавоноидов и антоцианов в процессе сублимационной сушки пюре рябины черноплодной. Наиболее низкое содержание фенольных веществ, флавоноидов и антоцианов в экстракте цельных ягод рябины черноплодной может объясняться наименьшей степенью измельчения исходного сырья и, как следствие, более низкой степенью экстракции фенольных веществ, что согласуется с литературными данными [8]. Отмечено увеличение содержания биологически активных веществ при добавлении пектина к пюре рябины черноплодной при сублимационной сушке.

Свободные радикалы являются продуктами нормального клеточного метаболизма и могут быть определены как атомы или молекулы,

содержащие один или несколько неспаренных электронов на внешней орбитали, способные к независимому существованию. Свободные радикалы могут иметь как эндогенное происхождение (митохондрии, пероксисомы, эндоплазматическая сеть, фагоцитарные клетки), так и происходить из экзогенных источников (алкоголь, табачный дым, тяжелые металлы, пестициды, некоторые лекарства). Свободные радикалы могут оказывать неблагоприятное воздействие на различные важные классы биологических соединений, такие как нуклеиновые кислоты, липиды и белки, тем самым изменяя нормальный окислительно-восстановительный баланс организма, что приводит к усилению окислительного стресса [33].

В настоящее время понятия «антиоксидантная» и «антирадикальная активность» ошибочно рассматриваются как единые. Рассмотренные выше вещества (антоцианы, флавоноиды, фенольные вещества) характеризуют антиоксидантные свойства продукта, то есть способность к ингибированию процессов окисления. Антирадикальная активность же характеризует реакционную способность вещества к связыванию свободных радикалов в организме [34]. Результаты определения антирадикальной активности в образцах по методу DPPH представлены на рисунке 4.

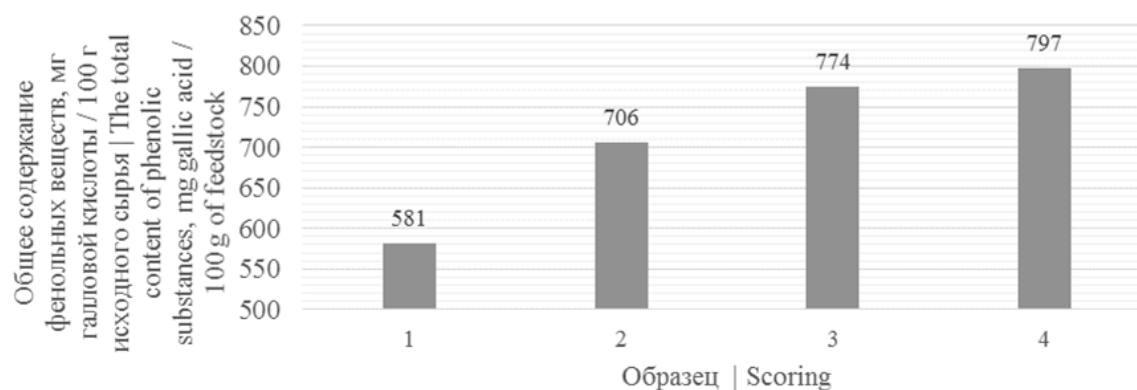


Рисунок 4. Антирадикальная активность исследуемых образцов: 1 – ягоды рябины черноплодной; 2 – пюре ягод рябины черноплодной; 3 – снеки, сублимированные из пюре рябины черноплодной; 4 – снеки, сублимированные из пюре рябины черноплодной с добавлением 5% пектина

Figure 4. Antiradical activity of the studied samples: 1 – berries of mountain ash; 2 – puree of chokeberry berries; 3 – freeze-dried snacks from mashed chokeberry; 4 – freeze-dried snacks from mashed chokeberry with the addition of 5% pectin

Согласно данным рисунка 4 наименьшей антирадикальной активностью обладали ягоды рябины черноплодной, наибольшей – снеки, сублимированные на основе рябины черноплодной с добавлением пектина.

Известно, что такие металлы, как медь и железо, усиливают окислительный стресс. Эти ионы (Fe^{2+} и Cu^{+}) реагируют с H_2O_2 , являющейся продуктом, образованным дисмутацией O_2^- ,

с образованием высокорекреационноспособного гидроксильного радикала, окисляясь до Fe^{3+} и Cu^{2+} соответственно. Некоторые вещества, обладающие антиоксидантной активностью, способны останавливать процесс окисления металлов [28]. На рисунке 5 представлены результаты определения восстанавливающей способности в образцах.

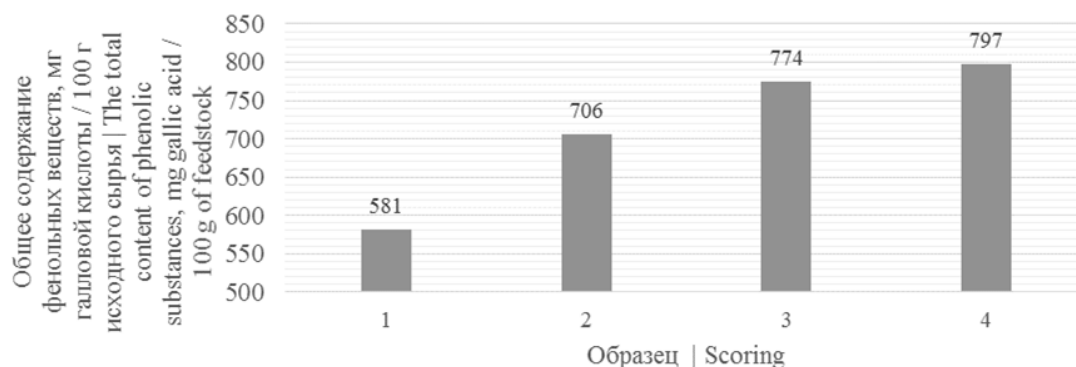


Рисунок 5. Восстанавливающая способность исследуемых образцов: 1 – ягоды рябины черноплодной; 2 – пюре ягод рябины черноплодной; 3 – снеки, сублимированные из пюре рябины черноплодной; 4 – снеки, сублимированные из пюре рябины черноплодной с добавлением 5% пектина

Figure 5. The restoring ability of the studied samples: 1 – berries of mountain ash; 2 – puree of chokeberry berries; 3 – freeze-dried snacks from mashed chokeberry; 4 – freeze-dried snacks from mashed chokeberry with the addition of 5% pectin

Данные рисунка 5 свидетельствуют о положительном влиянии механической обработки и сублимационной сушки на восстанавливающую способность исследуемых образцов, что коррелирует с результатами определения содержания антоцианов, флавоноидов и фенольных веществ в образцах. Это позволяет сделать вывод о положительном влиянии механической обработки и сублимационной сушки на антиоксидантные свойства веществ в целом.

Заключение

Были проведены исследования, направленные на определение органолептических и физико-химических показателей, антиоксидантной и антирадикальной активности рябины черноплодной и продуктов ее переработки – пюре рябины черноплодной, нового вида снежков, сублимированных на основе пюре рябины черноплодной, нового вида снежков, сублимированных на основе пюре рябины черноплодной с добавлением 5% пектина.

Разработана методология органолептической оценки нового вида сублимированных снежков на основе пюре рябины черноплодной. Установлено, что новый вид снежков обладает

высокими органолептическими показателями, что делает их производство перспективным направлением.

Определение общего содержания фенольных веществ, флавоноидов, антоцианов, а также восстанавливающей активности исследуемых образцов как показателей, характеризующих антиоксидантную активность соединений, показало положительное влияние измельчения как механической обработки и сублимационной сушки как тепловой обработки на антиоксидантные свойства рябины черноплодной.

Определение содержания витамина С в исследуемых образцах позволяет сделать вывод об отрицательном воздействии сублимационной сушки на содержание витамина С в рябине черноплодной.

В результате определения содержания пищевых волокон, растворимых сухих веществ, сахаров и титруемой кислотности в исследуемых образцах выявлено увеличение значений данных показателей в 3–6 раз в процессе сублимационной сушки, что показывает целесообразность использования данного вида тепловой обработки при производстве функциональных продуктов на основе рябины черноплодной.

Литература

- 1 Sidor A., Drożdżyńska A., Gramza-Michałowska A. Black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) and its products as potential health-promoting factors – An overview // Trends in Food Sci. Technol. 2019. V. 89. P. 45–60. doi: 10.1016/j.tifs.2019.05.006
- 2 Appel K., Meiser P., Millán E., Collado J.A. et al. Chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot) concentrate inhibits NF-κB and synergizes with selenium to inhibit the release of pro-inflammatory mediators in macrophages // Fitoterapia. 2015. V. 105. P. 73–82. doi: 10.1016/j.fitote.2015.06.009
- 3 Denev P., Číž M., Kratchanova M., Blazheva D. Black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) polyphenols reveal different antioxidant, antimicrobial and neutrophil-modulating activities // Food Chem. 2019. V. 284. P. 108–117. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.01.108
- 4 Jakobek L., Drenjančević M., Jukić V., Šeruga M. Phenolic acids, flavonols, anthocyanins and antiradical activity of “Nero”, “Viking”, “Galicianka” and wild chokeberries // Scientia Horticulturae. 2012. V. 147. P. 56–63. doi: 10.1016/j.scienta.2012.09.006

- 5 Bermúdez-Soto M.J., Tomás-Barberán F.M., García-Conesa M.T. Stability of polyphenols in chokeberry (*Aronia melanocarpa*) subjected to in vitro gastric and pancreatic digestion // *Food Chem.* 2007. V. 102 (3). P. 865–874. doi: 10.1016/j.foodchem.2006.06.025
- 6 Takahashi A., Sakaguchi H., Higuchi O., Suzuki T. et al. Intestinal absorption of black chokeberry cyanidin 3-glycosides is promoted by capsaicin and capsiate in a rat ligated small intestinal loop model // *Food Chem.* V. 277. P. 323–326. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.10.094
- 7 Brazdauskas T., Montero L., Venskutonis P.R., Ibañez E. et al. Downstream valorization and comprehensive two-dimensional liquid chromatography-based chemical characterization of bioactives from black chokeberries (*Aronia melanocarpa*) pomace // *J. Chromatography A.* 2016. V. 1468. P. 126–135. doi: 10.1016/j.chroma.2016.09.033
- 8 D'Alessandro L.G., Dimitrov K., Vauchel P., Nikov I. Kinetics of ultrasound assisted extraction of anthocyanins from *Aronia melanocarpa* (black chokeberry) wastes // *Chem. Eng. Res. Design.* 2014. V. 92 (10). P. 1818–1826. doi: 10.1016/j.cherd.2013.11.020
- 9 Dulf F.V., Vodnar D.C., Dulf E.H., Diaconeasa Z. et al. Liberation and recovery of phenolic antioxidants and lipids in chokeberry (*Aronia melanocarpa*) pomace by solid-state bioprocessing using *Aspergillus niger* and *Rhizopus oligosporus* strains // *Food Sci. Technol.* 2018. V. 87. P. 241–249. doi: 10.1016/j.lwt.2017.08.084
- 10 Čujić N., Trifković K., Bugarski B., Ibrić S. et al. Chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) extract loaded in alginate and alginate/inulin system // *Ind. Crops Prod.* 2016. V. 86. P. 120–131. doi: 10.1016/j.indcrop.2016.03.045
- 11 Pieczykolan E., Kurek M.A. Use of guar gum, gum arabic, pectin, beta-glucan and inulin for microencapsulation of anthocyanins from chokeberry // *Int. J. Biol. Macromol.* 2019. V. 129. P. 665–671. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.02.073
- 12 Song E.K., Park H., Kim H.S. Additive effect of walnut and chokeberry on regulation of antioxidant enzyme gene expression and attenuation of lipid peroxidation in d-galactose-induced aging-mouse model // *Nutr. Res.* 2018. doi: 10.1016/j.nutres.2018.09.011
- 13 Bhaswant M., Shafie S.R., Mathai M.L., Mouatt P. et al. Anthocyanins in chokeberry and purple maize attenuate diet-induced metabolic syndrome in rats // *Nutrition.* 2017. V. 41. P. 24–31. doi: 10.1016/j.nut.2016.12.009
- 14 Worsztynowicz P., Napierała M., Białas W., Grajek W. et al. Pancreatic α -amylase and lipase inhibitory activity of polyphenolic compounds present in the extract of black chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) // *Proces. Biochem.* 2014. V. 49 (9). P. 1457–1463. doi: 10.1016/j.procbio.2014.06.002
- 15 Čujić N., Savikin K., Miloradovic Z., Ivanov M. et al. Characterization of dried chokeberry fruit extract and its chronic effects on blood pressure and oxidative stress in spontaneously hypertensive rats // *J. Functional Foods.* 2018. V. 44. P. 330–339. doi: 10.1016/j.jff.2018.02.027
- 16 Loo B.M., Erlund I., Koli R., Puukka P. et al. Consumption of chokeberry (*Aronia mitschurinii*) products modestly lowered blood pressure and reduced low-grade inflammation in patients with mildly elevated blood pressure // *Nutr. Res.* 2016. V. 36 (11). P. 1222–1230. doi: 10.1016/j.nutres.2016.09.005
- 17 Handeland M., Grude N., Torp T., Slimestad R. Black chokeberry juice (*Aronia melanocarpa*) reduces incidences of urinary tract infection among nursing home residents in the long term—a pilot study // *Nutr. Res.* V. 34 (6). P. 518–525. doi: 10.1016/j.nutres.2014.05.005
- 18 Park H., Liu Y., Kim H.S., Shin J.H. Chokeberry attenuates the expression of genes related to de novo lipogenesis in the hepatocytes of mice with nonalcoholic fatty liver disease // *Nutr. Res.* 2016. V. 3 (1). P. 57–64. doi: 10.1016/j.nutres.2015.10.010
- 19 Sójka M., Kołodziejczyk K., Milala J. Polyphenolic and basic chemical composition of black chokeberry industrial by-products // *Ind. Crops Prod.* 2013. V. 51. P. 77–86. doi: 10.1016/j.indcrop.2013.08.051
- 20 Kosmala M., Zduńczyk Z., Karlińska E., Juśkiewicz J. The effects of strawberry, black currant, and chokeberry extracts in a grain dietary fiber matrix on intestinal fermentation in rats // *Food Res. Int.* 2014. V. 64. P. 752–761. doi: 10.1016/j.foodres.2014.07.010
- 21 Alessandro L.G., Kriiaa K., Nikov I., Dimitrov K. Ultrasound assisted extraction of polyphenols from black chokeberry // *Separation and Purification Technology.* 2012. V. 93. P. 42–47.
- 22 Rugina D., Scontxa Z., Leopold L. Antioxidant activities of chokeberry extracts and the cytotoxic action of their anthocyanin fraction on HeLa human cervical tumor cells // *Journal of Medicinal Food.* 2012. V. 15 (8). P. 700–706.
- 23 Демидова А.В., Макарова Н.В. Влияние режимов бланшировки на физико-химические свойства и антиоксидантную активность фруктового сырья на примере вишни, сливы, черноплодной рябины, клубники // *Пищевая промышленность.* 2016. № 2. С. 40–44.
- 24 Макарова Н.В., Зюзина А.В. Исследование антиоксидантной активности яблок различных сортов // *Техника и технология пищевых производств.* 2011. № 4 (23).
- 25 Дубодел Н.П., Победа М.И., Шашин Д.Л. Сравнительная оценка методов анализа растворимых сухих веществ в концентрированных фруктовых и овощных пюре // *Пиво и напитки.* 2015. № 3. С. 40–43.
- 26 Magwaza L.S., Opara U.L. Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticultural products – A review // *Scientia Horticulturae.* 2015. V. 184. P. 179–192. doi: 10.1016/j.scienta.2015.01.001
- 27 Анисимович И.П., Отман Р., Дейнека Л.А., Дейнека В.И. и др. Определение кислотности некоторых плодов, соков и прохладительных напитков // *Научные ведомости БелГУ.* 2011. № 9(104). С. 250–257.
- 28 Lü J.-M., Lin P.H., Yao Q., Chen C. Chemical and molecular mechanisms of antioxidants: experimental approaches and model systems // *J. Cell. Mol. Med.* 2010. V. 14 (4). P. 840–860. doi: 10.1111/j. 1582-4934.2009.00897.x
- 29 Holscher H.D. Dietary Fiber and Prebiotics and the Gastrointestinal Microbiota // *Gut microbes.* 2017. V. 8 (2). P. 172–184. doi:10.1080/19490976.2017.1290756
- 30 Rice-Evans C., Miller N., Paganga G. Antioxidant properties of phenolic compounds // *Trends in Plant Sci.* 1997. V. 4 (2). P. 152–159. doi: 10.1016/S1360-1385(97)01018-2
- 31 Bose S., Sarkar D., Bose A. Natural Flavonoids and Its Pharmaceutical Importance // *The Pharma Review.* 2018. P. 61–75.

32 Khoo H.E., Azlan A., Tang S.T., Lim S.M. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits // Food Nutr Res. 2017. V. 61 (1). P. 1–21. doi: 10.1080/16546628.2017.1361779.

33 Phaniendra A., Jestadi D.B., Periyasamy L. Free Radicals: Properties, Sources, Targets, and Their Tirtzitis G., Bartosz G. Determination of antiradical and antioxidant activity: basic principles and new insights // Acta Biochim. Pol. 2010. V. 52 (2). P.139–142.

34 Implication in Various Diseases // Ind. J. Clin. Biochem. 2015. V. 30 (1). P. 11–26. doi: 10.1007/s12291-014-0446-0

References

1 Sidor A., Drożdżyńska A., Gramza-Michałowska A. Black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) and its products as potential health-promoting factors – An overview. Trends in Food Sci. Technol. 2019. vol. 89. pp. 45–60. doi: 10.1016/j.tifs.2019.05.006

2 Appel K., Meiser P., Millán E., Collado J.A. et al. Chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot) concentrate inhibits NF-κB and synergizes with selenium to inhibit the release of pro-inflammatory mediators in macrophages. Fitoterapia. 2015. vol. 105. pp. 73–82. doi: 10.1016/j.fitote.2015.06.009

3 Denev P., Čiž M., Kratchanova M., Blazheva D. Black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) polyphenols reveal different antioxidant, antimicrobial and neutrophil-modulating activities. Food Chem. 2019. vol. 284. pp. 108–117. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.01.108

4 Jakobeka L., Drenjančević M., Jukić V., Šeruga M. Phenolic acids, flavonols, anthocyanins and antiradical activity of “Nero”, “Viking”, “Galicianka” and wild chokeberries. Scientia Horticulturae. 2012. vol. 147. pp. 56–63. doi: 10.1016/j.scienta.2012.09.006

5 Bermúdez-Soto M.J., Tomás-Barberán F.M., García-Conesa M.T. Stability of polyphenols in chokeberry (*Aronia melanocarpa*) subjected to in vitro gastric and pancreatic digestion. Food Chem. 2007. vol. 102 (3). pp. 865–874. doi: 10.1016/j.foodchem.2006.06.025

6 Takahashi A., Sakaguchi H., Higuchi O., Suzuki T. et al. Intestinal absorption of black chokeberry cyanidin 3-glycosides is promoted by capsaicin and capsiate in a rat ligated small intestinal loop model. Food Chem. vol. 277. pp. 323–326. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.10.094

7 Brazdauskas T., Montero L., Venskutonis P.R., Ibañez E. et al. Downstream valorization and comprehensive two-dimensional liquid chromatography-based chemical characterization of bioactives from black chokeberries (*Aronia melanocarpa*) pomace. J. Chromatography A. 2016. vol. 1468. pp. 126–135. doi: 10.1016/j.chroma.2016.09.033

8 D’Alessandro L.G., Dimitrov K., Vauchel P., Nikov I. Kinetics of ultrasound assisted extraction of anthocyanins from *Aronia melanocarpa* (black chokeberry) wastes. Chem. Eng. Res. Design. 2014. vol. 92 (10). pp. 1818–1826. doi: 10.1016/j.cherd.2013.11.020

9 Dulf F.V., Vodnar D.C., Dulf E.H., Diaconeasa Z. et al. Liberation and recovery of phenolic antioxidants and lipids in chokeberry (*Aronia melanocarpa*) pomace by solid-state bioprocessing using *Aspergillus niger* and *Rhizopus oligosporus* strains. Food Sci. Technol. 2018. vol. 87. pp. 241–249. doi: 10.1016/j.lwt.2017.08.084

10 Čujić N., Trifković K., Bugarski B., Ibrić S. et al. Chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) extract loaded in alginate and alginate/inulin system. Ind. Crops Prod. 2016. vol. 86. pp. 120–131. doi: 10.1016/j.indcrop.2016.03.045

11 Pieczykolan E., Kurek M.A. Use of guar gum, gum arabic, pectin, beta-glucan and inulin for microencapsulation of anthocyanins from chokeberry. Int. J. Biol. Macromol. 2019. vol. 129. pp. 665–671. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.02.073

12 Song E.K., Park H., Kim H.S. Additive effect of walnut and chokeberry on regulation of antioxidant enzyme gene expression and attenuation of lipid peroxidation in d-galactose-induced aging-mouse model. Nutr. Res. 2018. doi: 10.1016/j.nutres.2018.09.011

13 Bhaswant M., Shafie S.R., Mathai M.L., Mouatt P. et al. Anthocyanins in chokeberry and purple maize attenuate diet-induced metabolic syndrome in rats. Nutrition. 2017. vol. 41. pp. 24–31. doi: 10.1016/j.nut.2016.12.009

14 Worsztynowicz P., Napierała M., Białas W., Grajek W. et al. Pancreatic α-amylase and lipase inhibitory activity of polyphenolic compounds present in the extract of black chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.). Proces. Biochem. 2014. vol. 49 (9). pp. 1457–1463. doi: 10.1016/j.procbio.2014.06.002

15 Čujić N., Savikin K., Miloradovic Z., Ivanov M. et al. Characterization of dried chokeberry fruit extract and its chronic effects on blood pressure and oxidative stress in spontaneously hypertensive rats. J. Functional Foods. 2018. vol. 44. pp. 330–339. doi: 10.1016/j.jff.2018.02.027

16 Loo B.M., Erlund I., Koli R., Puukka P. et al. Consumption of chokeberry (*Aronia mitschurinii*) products modestly lowered blood pressure and reduced low-grade inflammation in patients with mildly elevated blood pressure. Nutr. Res. 2016. vol. 36 (11). pp. 1222–1230. doi: 10.1016/j.nutres.2016.09.005

17 Handeland M., Grude N., Torp T., Slimestad R. Black chokeberry juice (*Aronia melanocarpa*) reduces incidences of urinary tract infection among nursing home residents in the long term-a pilot study. Nutr. Res. vol. 34 (6). pp. 518–525. doi: 10.1016/j.nutres.2014.05.005

18 Park H., Liu Y., Kim H.S., Shin J.H. Chokeberry attenuates the expression of genes related to de novo lipogenesis in the hepatocytes of mice with nonalcoholic fatty liver disease. Nutr. Res. 2016. vol. 3 (1). pp. 57–64. doi: 10.1016/j.nutres.2015.10.010

19 Sójka M., Kołodziejczyk K., Milala J. Polyphenolic and basic chemical composition of black chokeberry industrial by-products. Ind. Crops Prod. 2013. vol. 51. pp. 77–86. doi: 10.1016/j.indcrop.2013.08.051

20 Kosmala M., Zduńczyk Z., Karlińska E., Juśkiewicz J. The effects of strawberry, black currant, and chokeberry extracts in a grain dietary fiber matrix on intestinal fermentation in rats. Food Res. Int. 2014. vol. 64. pp. 752–761. doi: 10.1016/j.foodres.2014.07.010

21 Alessandro L.G., Kriaa K., Nikov I., Dimitrov K. Ultrasound assisted extraction of polyphenols from black chokeberry. Separation and Purification Technology. 2012. vol. 93. pp. 42–47.

- 22 Rugina D., Scontxa Z., Leopold L. Antioxidant activities of chokeberry extracts and the cytotoxic action of their anthocyanin fraction on HeLa human cervical tumor cells. *Journal of Medicinal Food*. 2012. vol. 15 (8). pp. 700–706.
- 23 Demidova A.V., Makarova N.V. The influence of blanching regimes on the physicochemical properties and antioxidant activity of fruit raw materials by the example of cherries, plums, aronia, strawberries. *Food Industry*. 2016. no. 2. pp. 40–44. (in Russian).
- 24 Makarova N.V., Zyuzina A.V. The study of antioxidant activity of apples of various varieties. *Technique and technology of food production*. 2011. no. 4 (23). (in Russian).
- 25 Dubodel N.P., Victory M.I., Shashin D.L. Comparative evaluation of soluble solids analysis methods in concentrated fruit and vegetable purees. *Beer and drinks*. 2015. no. 3. pp. 40–43. (in Russian).
- 26 Magwazaa L.S., Opara U.L. Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticultural products – A review. *Scientia Horticulturae*. 2015. vol. 184. pp. 179–192. doi: 10.1016/j.scienta.2015.01.001
- 27 Anisimovich I.P., Otman R., Deineka L.A., Deineka V.I. et al. Determination of the acidity of some fruits, juices and soft drinks. *Scientific statements of BelSU*. 2011. no. 9 (104). pp. 250–257. (in Russian).
- 28 Lü J.-M., Lin P.-H., Yao Q., Chen C. Chemical and molecular mechanisms of antioxidants: experimental approaches and model systems. *J. Cell. Mol. Med*. 2010. vol. 14 (4). pp. 840–860. doi: 10.1111/j.1582-4934.2009.00897.x
- 29 Holscher H.D. Dietary Fiber and Prebiotics and the Gastrointestinal Microbiota. *Gut microbes*. 2017. vol. 8 (2). pp. 172–184. doi:10.1080/19490976.2017.1290756
- 30 Rice-Evans C., Miller N., Paganga G. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Sci*. 1997. vol. 4 (2). pp. 152–159. doi: 10.1016/S1360-1385(97)01018-2
- 31 Bose S., Sarkar D., Bose A. Natural Flavonoids and Its Pharmaceutical Importance. *The Pharma Review*. 2018. pp. 61–75.
- 32 Khoo H.E., Azlan A., Tang S.T., Lim S.M. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food Nutr Res*. 2017. vol. 61 (1). pp. 1–21. doi: 10.1080/16546628.2017.1361779.
- 33 Phaniendra A., Jestadi D.B., Periyasamy L. Free Radicals: Properties, Sources, Targets, and Their Tirsitis G., Bartosz G. Determination of antiradical and antioxidant activity: basic principles and new insights. *Acta Biochim. Pol*. 2010. vol. 52 (2). pp. 139–142.
- 34 Implication in Various Diseases. *Ind. J. Clin. Biochem*. 2015. vol. 30 (1). pp. 11–26. doi: 10.1007/s12291-014-0446-0

Сведения об авторах

Екатерина А. Васильева аспирант, кафедра технологии и организации общественного питания, Самарский государственный технический университет, Молодогвардейская, 244 г. Самара, 443100, Россия, katerinavasileva99@yahoo.com
 <https://orcid.org/0000-0002-5250-7677>

Елена А. Елисеева студент, кафедра технологии и организации общественного питания, Самарский государственный технический университет, Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, г. Россия, ellseevaml@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-9179-2194>

Надежда В. Макарова д.х.н., профессор, кафедра технологии и организации общественного питания, Самарский государственный технический университет, Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, г. Россия, makarovnv1969@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-00112-0085>

Динара Ф. Игнатова к.т.н, доцент, кафедра технологии и организации общественного питания, Самарский государственный технический университет, Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, г. Россия, dinara-bakieva@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-1478-039X>

Юлия И. Солина студент, кафедра технологии и организации общественного питания, Самарский государственный технический университет, Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, г. Россия, u.solina@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-3254-9463>

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Ekaterina A. Vasilieva graduate student, technology and organization of public catering department, Samara State Technical University, Molodogvardeiskaya, 244 Samara, 443100, Russia, katerinavasileva99@yahoo.com
 <https://orcid.org/0000-0002-5250-7677>

Elena A. Eliseeva student, technology and organization of public catering department, Samara State Technical University, Molodogvardeiskaya, 244 Samara, 443100, Russia, ellseevaml@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-9179-2194>

Nadezhda V. Makarova Dr. Sci. (Chem.), Professor, technology and organization of public catering department, Samara State Technical University, Molodogvardeiskaya, 244 Samara, 443100, Russia, makarovnv1969@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-00112-0085>

Dinara F. Ignatova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology and organization of public catering department, Samara State Technical University, Molodogvardeiskaya, 244 Samara, 443100, Russia, dinara-bakieva@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-1478-039X>

Yulia I. Solina student, technology and organization of public catering department, Samara State Technical University, Molodogvardeiskaya, 244 Samara, 443100, Russia, u.solina@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-3254-9463>

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 05/07/2019	После редакции 17/07/2019	Принята в печать 12/08/2019
Received 05/07/2019	Accepted in revised 17/07/2019	Accepted 12/08/2019

Обоснование применения обогащающих добавок из растительного сырья в производстве макаронных изделий

Галия К. Исакова	¹	iskakova-61@mail.ru	 0000-0002-2077-8755
Бауржан А. Изтаев	¹	baurgoldman@mail.ru	 0000-0002-4434-6973
Газибег О. Магомедов	²	mmg@inbox.ru	 0000-0003-2494-4973
Гулжанат А. Умирзакова	¹	zhan_u_a@mail.ru	

¹ Алматинский технологический университет, ул. Толе би, 100, г. Алматы, 050012, Казахстан

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

Аннотация. Макароны по сравнению с другими мучными изделиями имеют ряд преимуществ: высокая усвояемость основных питательных веществ, длительный срок хранения, низкая стоимость и доступность для любых слоев населения. Наиболее рациональным способом создания функциональных макаронных изделий является введение в рецептуру натуральных ингредиентов растительного происхождения, нетрадиционных для этой отрасли, что позволяет повысить пищевую ценность, улучшить органолептические и физико-химические показатели, создать группу новых сортов, интенсифицировать технологические процессы производства, улучшить качество при переработке сырья с низкими макаронными свойствами, обеспечить экономию основного и дополнительного сырья. Для проведения экспериментов использованы мука пшеничная высшего сорта, полученная путем помола мягкой пшеницы сорта Ертис 97, и макаронная мука (крупка), полученная из твердой пшеницы сорта Каргала 69. По результатам проведенных анализов органолептических, физико-химических, биохимических показателей зерна и муки можно утверждать, что качество зерна и муки соответствует требованиям стандартов. Как добавки использовали кукурузную, нуттовую, амарантовую муку и морковный порошок, полученные путем измельчения целых зерен кукурузы сорта Будан 237, нута сорта Камила, амаранта вида *A. cruentus* (получено и выращено в местных условиях Алматинской области) и моркови сорта Абако на мельнице механоактиваторе. Полученные результаты исследований химического состава полидисперсной кукурузной, нуттовой, амарантовой муки и морковного порошка свидетельствуют о высокой пищевой ценности, возможности использования в качестве биологически активных добавок для обогащения макаронных изделий белками, минеральными веществами, органическими кислотами, витаминами и натуральными красителями.

Ключевые слова: хлебопекарная мука, макаронная мука, полидисперсная мука, макаронные изделия, химический состав

Rationale for the use of enriching additives from vegetable raw materials in the production of pasta

Galiya K. Isakova	¹	iskakova-61@mail.ru	 0000-0002-2077-8755
Baurzhan A. Iztaev	¹	baurgoldman@mail.ru	 0000-0002-4434-6973
Gazibeg O. Magomedov	²	mmg@inbox.ru	 0000-0003-2494-4973
Gulzhanat A. Umirzakova	¹	zhan_u_a@mail.ru	

¹ Almaty Technological University, Tole bi, 100, Almaty, 050012, Kazakhstan

² Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. Pasta in comparison with other flour products has a number of advantages: high digestibility of essential nutrients, long shelf life, low cost and availability for all segments of the population. The most rational way to create functional pasta is to introduce into the recipe natural ingredients of plant origin, non-traditional for this industry, which can increase nutritional value, improve organoleptic and physico-chemical indicators, create a group of new varieties, intensify production processes, improve quality in the processing of raw materials with low pasta properties, to ensure the saving of primary and secondary raw materials. For the experiments, wheat flour of the highest grade, obtained by grinding soft wheat of the Ertys 97 variety, and pasta flour (grain), obtained from durum wheat of the Kargala 69 variety, were used. According to the results of the analysis of organoleptic, physicochemical, biochemical parameters of grain and flour, it can be stated that the quality of grain and flour meets the requirements of the standards. Corn, chickpea, amaranth flour and carrot powder obtained by grinding whole grains of Budan 237 maize, Kamila chickpea, *A. cruentus* amaranth (obtained and grown locally in the Almaty region) and Abako carrots in a mechanical activator mill were used as additives. The results of studies of the chemical composition of polydisperse corn, chickpea, amaranth flour and carrot powder indicate high nutritional value, the possibility of using as biologically active additives for enriching pasta with proteins, minerals, organic acids, vitamins and natural dyes.

Keywords: bakery flour, macaroni flour, polydisperse flour, pasta, chemical composition

Для цитирования

Исакова Г.К., Изтаев Б.А., Магомедов Г.О., Умирзакова Г.А. Обоснование применения обогащающих добавок из растительного сырья в производстве макаронных изделий // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 111–117. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-111-117

For citation

Isakova G.K., Iztaev B.A., Magomedov G.O., Umirzakova G.A. Rationale for the use of enriching additives from vegetable raw materials in the production of pasta. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 111–117. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-111-117

Введение

Качество пищевых продуктов и, в частности, макаронных изделий, обуславливается двумя факторами: качеством исходного сырья и спецификой технологических операций его переработки. Основными видами сырья для производства макаронных изделий служат мука, получаемая размолотом зерна пшеницы, и вода. К дополнительному сырью относят различные обогащенные и вкусовые добавки.

Для производства традиционных видов макаронных изделий основным сырьем являются высшие сорта крупитчатых продуктов помола зерна твердой пшеницы. При соблюдении технологических режимов производства макаронные изделия из крупки твердой пшеницы имеют в сухом виде янтарно-желтый, золотистый цвет, высокую прочность и стекловидный излом, после длительной варки оставляют прозрачной варочную воду, не теряют своей формы, не склеиваются между собой, имеют светло-желтый цвет, приятные аромат и вкус. Однако в связи с дефицитом твердой пшеницы и ее высокой стоимостью для расширения сырьевой базы, а также для выработки более дешевых сортов макаронных изделий для их производства используют более низкие сорта твердой пшеницы, а также продукты помола высокой стекловидной и мучнистой мягкой пшеницы [1-3].

Существенным моментом при производстве макаронных изделий является использование различных добавок, которые чаще всего применяются для повышения пищевой ценности готовой продукции и улучшения органолептических показателей (цвета и вкуса) [4-10]. На сегодняшний день перечень добавок, используемых в макаронном производстве, достаточно велик. К нетрадиционному сырью макаронного производства относят продукты переработки зерна и семян различных растительных культур (кроме пшеницы), плодов клубневых культур, а также побочные продукты их переработки. Среди всего многообразия этого сырья интерес представляют мука и крахмал бесклеяковинных крахмалсодержащих зерновых, бобовых и клубневых культур.

Использование нетрадиционного сырья обязательно скажется на качестве макаронных изделий, а также повлияет на изменение химического состава и пищевой ценности готовой макаронной продукции. В связи с вышеизложенным было признано целесообразным изучить качество и химический состав продуктов переработки зерновых, бобовых культур, используемых в последующем в качестве добавок в производстве функциональных макаронных изделий.

Материалы и методы

Для определения качественных показателей зерна, в частности, его физико-химических и биохимических свойств были выбраны методы исследований, описанные в соответствующих стандартах и руководствах.

Влажность зерна определяли стандартным методом по ГОСТ 13586.5-93 (%); натурную массу зерна – по ГОСТ 10840-64 (г/л); общую стекловидность – по ГОСТ 10987-76 (%); массу 1000 зерен – по ГОСТ 10820-89; количество и качество клейковины зерна – по ГОСТ 13586.1-68; число падения – на приборе Хагберга-Пертена (с) [11].

Замеры твердозерности выполнены на инфракрасном анализаторе UK (PacificScientific 4250), предварительно откалиброванном с прибора SKCS 4100 (SingleKernelcharacteristicsystem) [11].

Массовую долю белка в зерне измеряли методом Къельдаля [12], который основан на сжигании органических компонентов пробы изделий в колбе Къельдаля в присутствии серной кислоты. Освобождающийся при этом азот определяли титрованием и по его количеству вычисляли содержание белка.

Цвет, вкус, запах и содержание минеральных примесей в муке определяли по ГОСТ 27558-87; влажность муки – ускоренным методом по ГОСТ 9404-88 (%); кислотность муки – по водной болтушке в соответствии с ГОСТ 27493-87 (град); зольность муки – по ГОСТ 27494-87 с использованием ускорителя – азотной кислоты (%).

Для крупности помола по требованиям ГОСТ 27560-87 на ручном рассеве применяли лабораторные сита с диаметром обечеек 20 см. Номера сит соответствовали ГОСТам, установленным для исследуемого сорта муки. Остаток на верхнем сите, а также проход через нижнее сито взвешивали и выражали в процентах к массе взятой навески.

Содержание металлопримесей определяли по ГОСТ 20239-74 путем выделения металломагнитной примеси магнитом вручную в навеске муки массой 1 кг.

Зараженность амбарными вредителями определяли путем выделения насекомых и клещей просеиванием на ситах и визуальным обнаружением живых особей по ГОСТ 27559-87.

Содержание сырой клейковины определяли стандартным методом по ГОСТ 27839-88 (% к массе муки).

Качество клейковины определяли по способности клейковины оказывать сопротивление деформирующей нагрузке сжатия на приборе ИДК-1 по ГОСТ 27839-88 (ед. прибора).

Массовую долю белка в муке и в морковном порошке определяли по Къельдалю (ГОСТ 23327-98); содержание углеводов в муке и в морковном порошке – по методикам, описанным в руководстве [12]; массовую долю жира в муке и в морковном порошке – методом Сокслета (ГОСТ 29033-91).

Содержание витамина РР в муке и в морковном порошке определяли колориметрическим методом [12].

Для определения содержания витамина С использовали флуориметрический метод, описанный в руководстве [12].

Массовая доля β -каротина в муке и в морковном порошке измерялась методом колоночной хроматографии [12].

Комплексонометрическим методом измеряли содержание кальция и магния в муке и в морковном порошке (описан в руководстве [12]).

Содержание железа – по ГОСТ 26928-86.

Результаты и обсуждение

Для проведения экспериментов использованы мука пшеничная высшего сорта, полученная путем помола мягкой пшеницы сорта Ертис 97, и макаронная мука (крупка), полученная из твердой пшеницы сорта Каргала 69.

Показатели качества исходного зерна приведены в таблице 1. Анализ приведенных данных позволяет сделать вывод, что физические (натура, масса 1000 зерен, стекловидность,

твердозерность) и биохимические (количество и качество клейковины, белок, зольность, число падения) показатели исследуемых образцов пшеницы колеблются в значительных пределах.

Масса 1000 зерен характеризует крупность, плотность и выполненность зерна. Ее высокие значения свидетельствуют о большом запасе питательных веществ. От крупности зерна зависят продуктивность и показатели качества пшеницы: чем крупнее зерно, тем больше в нем доля эндосперма, тем выше выход муки. Результаты оценки качества исследуемых образцов показали, что масса 1000 зерен у мягкой пшеницы Ертис 97 составляет 42 г, а у твердого сорта пшеницы Каргала 69 – 44,6 г.

Таблица 1.

Характеристика качества зерна

Table 1.

Characteristics of grain quality

Показатели Indicators	Сорт пшеницы Wheat variety	
	Ертис 97 Ertys 97	Каргала 69 Kargala 69
Влажность, % Humidity, %	8,2	11,58
Натура, г/л Nature, g / l	753	823
Масса 1000 зерен, г Mass of 1000 grains, g	42,0	44,6
Стекловидность, % Glassiness, %	61	97
Твердозерность, ИТ Hardness, IT	74	93
Зольность, % Ashcontent, %	1,83	1,96
Содержание сырой клейковины, % The content of crude gluten, %	28,5	35,0
Качество клейковины по ИДК-1, ед. прибора Gluten quality according to IDK-1, units instrument	75	93
Белок, % Protein, %	14,0	13,2
Число падения, с Fall number, s	503	455
Выход муки, % Flouryield, %	68	63

Натура зерна – масса единицы объема зерна, наиболее простой критерий качества, который является важным показателем в системе классификации зерна пшеницы. Ее издавна рассматривают как косвенный показатель выходов муки. Значение этого показателя составляет, соответственно, 753 и 823 г/л.

Стекловидность, или консистенция зерна, характеризует стекловидную или мучнистую структуру эндосперма, указывая на его белковистый или крахмалистый состав. Стекловидность считается косвенным критерием оценки содержания в зерне белка, мукомольных и хлебопекарных свойств пшеницы. Значение стекловидности исследуемых образцов мягкой и твердой пшеницы составляют соответственно 61 и 97%.

Твердозерность является устойчивым сортовым признаком. Поэтому на него в значительно меньшей мере, чем на стекловидность, влияют условия, в которых происходит формирование зерновки. По показателю твердозерности сорта мягкой пшеницы делятся на две группы:

твердозерные и мягкозерные. Твердозерность Ертис 97 составляет 74 ИТ, а Каргала 69 – 93 ИТ. Представленные сорта Ертис 97 и Каргала 69 относятся к категории твердозерных с величиной твердозерности свыше 66 ИТ.

Содержание клейковины в пшеничном зерне и муке является очень важным показателем. В зерне пшеницы количество сырой клейковины, как и количество белка, варьирует в широком диапазоне в зависимости от условий выращивания. Так, содержание клейковины в образцах зерна Ертис 97 составляет 28,5%, а у Каргала 69 – 35,0%.

В готовой муке определяли органолептические (цвет, запах, вкус, хруст) и физико-химические (влажность, количество и качество клейковины, крупность помола, зольность, содержание металлопримесей, зараженность вредителями хлебных запасов) показатели.

Характеристика качества пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта и макаронной муки приведена в таблице 2.

Таблица 2.

Характеристика качества муки

Table 2.

Characteristics of flour quality

Показатели Indicators	Пшеничная мука высшего сорта Premium wheat flour	Макаронная мука Pasta flour
Органолептические Organoleptic		
Цвет Color	Белый White	Кремовый с желтым оттенком Cream with a yellow tint
Вкус и запах Taste and smell	Свойственный Intrinsic	
Содержание минеральной примеси Mineral content	Не обнаружено Not found	
Физико-химические Physicochemical		
Влажность, % Humidity, %	13,6	13,2
Содержание сырой клейковины, % The content of crude gluten, %	30,36	37,6
Качество клейковины по ИДК-1, ед. прибора Gluten quality according to IDK 1, units instrument	72	90
Крупность помола, %: остаток на сите из шелковой ткани прох од через сито из шелковой ткани Coarseness of grinding, %: the remainder of the silk fabric sieve passes through the silk fabric sieve	№ 43 –5,5 № 35 –1,0	№ 140 –1,0 № 260 –9,0
Белизна, ед. прибора РЗ-БПЛ Whiteness, units device R3 BPL	56,4	16,5
Зольность, % Ashcontent, %	0,55	0,91
Содержание металлопримесей, мг/кг муки The content of metal impurities, mg / kg flour	–	–
Зараженность вредителями хлебных запасов Pest Control	не обнаружено not found	

По результатам проведенных анализов органолептических и физико-химических показателей можно утверждать, что качество зерна и муки соответствует требованиям стандартов.

В качестве добавок использовали кукурузную, нуттовую, амарантовую муку и морковный порошок, полученные путем измельчения целых зерен кукурузы сорта Будан 237, нута сорта

Камила, амаранта вида *A. cruentus* (получено и выращено в местных условиях Алматинской области) и моркови сорта Абако на мельнице механоактиваторе по передовой технологии А.А. Башкирцева. В ней сохранены все морфологические части зерна, содержащие все питательные и витаминные вещества, которые необходимы для организма человека (таблица 3).

Таблица 3.

Характеристика качества кукурузной, нуттовой, амарантовой муки и морковного порошка

Table 3.

Quality characteristics of corn, chickpea, amaranth flour and carrot powder

Показатели Indicators	Кукурузная мука Corn flour	Нутовая мука Chickpea flour	Амарантовая мука Amaranth flour	Морковный порошок Carrot powder
Органолептические Organoleptic				
Цвет Color	Желтый Yellow	Светло- желтый Light yellow	Кремовый с желтоватым оттенком Cream with a yellowish tint	Оранжевый Orange
Вкус и запах Taste and smell	Свойственный Intrinsic			
Содержание минеральной примеси Mineral content	Не обнаружено Not found			
Физико-химические Physicochemical				
Влажность, % Humidity, %	12,6	12,5	12,8	2,9
Белизна, ед. прибора РЗ-БПЛ Whiteness, units device R3 BPL	26,2	17,5	17,5	–
Зольность, % Ashcontent, %	0,78	3,57	0,96	2,8
Содержание металлопримесей, мг/кг муки The content of metal impurities, mg / kg flour	–	–	–	–
Зараженность вредителями хлебных запасов Pest Control	Не обнаружено Not found			

По результатам проведенных анализов органолептических и физико-химических показателей, можно утверждать, что качество кукурузной, нутовой, амарантовой муки и морковного порошка соответствует требованиям НТД.

Для обоснования целесообразности использования полидисперсной кукурузной, нутовой,

амарантовой муки и морковного порошка в качестве биологически активных добавок для обогащения макаронных изделий были проведены исследования по изучению пищевой ценности всех перечисленных видов добавок, проведен сравнительный анализ с пшеничной мукой высшего сорта и с макаронной крупкой (таблица 4).

Таблица 4.

Пищевая ценность

Table 4.

Nutritional value

Наименование показателей Names of indicators	Мука пшеничная высшего сорта Premium wheat flour	Макаронная крупка Macaroni groats	Амарантовая мука Amaranth flour	Морковный порошок Carro tpowder	Кукурузная мука Corn flour	Нутовая мука Chickpea flour
Белки, г/100 г Proteins, g/100 g	11,20	12,46	8,94	0,71	8,94	22,10
Жиры, г/100 г Fats, g/100 g	0,89	0,95	6,65	0,055	1,97	3,12
Углеводы, г/100 г Carbohydrates, g/100 g	68,40	67,20	64,80	3,80	68,70	61,80
Зола, г/100 г Ash, g/100 g	0,54	0,78	2,73	0,55	0,95	3,48
Минеральные вещества, мг/100 г Minerals, mg/100 g						
Ca	17,10	19,30	150	14,8	29	168
Mg	18,90	21,30	235	20,8	41	94,50
Fe	1,14	1,16	7,21	0,4	3,76	5,65
P	79	78	539	47	109	318
K	117	119	508	189	147	846
Витамины, мг/100 г Vitamins, mg/100 g						
β -Каротин β -Carotene	–	0,015	0,001	8,9	0,191	0,08
E	2,73	3,08	1,13	0,22	0,55	0,89
C	–	–	3,98	5,0	3,62	5,08
PP	1,2	1,35	0,93	1,0	1,64	2,11
Энергетическая ценность, ккал Energy value, kcal	326	327	370	19	328	364

Анализируя данные таблицы 4, можно наблюдать, что морковный порошок небогат белками. Содержание жира и углевода в составе тоже минимальное. В составе минеральных веществ можно выделить высокое содержание К и Р. Порошки богаты витаминами, особенно β -каротином, его больше, чем в морковном порошке. Необходимо отметить содержание витамина С – природного антиоксиданта, который отсутствует в пшеничной муке высшего сорта и макаронной муке.

Оценивая данные химического состава амарантовой муки по сравнению с пшеничной мукой высшего сорта и макаронной крупкой наблюдается значительное отличие почти всех показателей. В амарантовой муке содержание белка меньше, чем в пшеничной и макаронной муке. Но содержание жира больше, чем в пшеничной и макаронной муке соответственно в 7,47 и 7,00 раз, а содержание углеводов меньше. В амарантовой муке можно отметить большее содержание минеральных веществ, в частности, К, Са, Mg, Р и Fe, чем в пшеничной муке высшего сорта и макаронной крупке. В витаминном составе тоже есть значительные отличия. Необходимо отметить содержание витамина Е и С,

которые активно участвуют в обменных процессах организма.

Анализируя данные химического состава кукурузной муки по сравнению с пшеничной мукой высшего сорта и макаронной крупкой, наблюдается существенное различие в содержании минеральных веществ. В кукурузной муке можно отметить большее содержание минеральных веществ, в частности, К и Р, чем в пшеничной муке высшего сорта и макаронной крупке. В витаминном составе есть значительные отличия – содержится β -каротин и витамин С, которые отсутствуют в пшеничной муке высшего сорта и макаронной крупке.

В нутовой муке содержание белка больше в 1,97 раза, чем в пшеничной муке высшего сорта и в 1,77 раза больше, чем в макаронной крупке. Содержание жира больше в 3,5 и 3,2 раза соответственно, а содержание углеводов уменьшилось соответственно в 1,10 и 1,08 раза. Можно отметить большее содержание минеральных веществ, в частности, К, Са, Mg, Р и Fe, чем в пшеничной муке высшего сорта и макаронной крупке. Содержание кальция в нутовой муке больше в 9,82 раза, чем в пшеничной муке и 8,7 раза

больше, чем в макаронной крупке. Содержание железа больше в 4,95 и 4,87 раза, калия больше в 7,23 и 7,10 раза соответственно.

В витаминном составе есть значительные отличия – содержится β -каротин и витамин С, которые отсутствуют в пшеничной муке высшего сорта и крупке.

Заключение

По результатам проведенных анализов органолептических, физико-химических, биохимических показателей зерна и муки можно

утверждать, что качество зерна и муки соответствует требованиям стандартов.

Полученные результаты исследований химического состава полидисперсной кукурузной, нутовой, амарантовой муки и морковного порошка свидетельствуют о высокой пищевой ценности, возможности использования их в качестве биологически активных добавок для обогащения макаронных изделий белками, минеральными веществами, органическими кислотами, витаминами и натуральными красителями.

Литература

- 1 Исакова Г.К., Жилкайдаров А.Н. Исследование макаронных свойств пшеничной муки, полученной из новых сортов пшеницы Казахстана // Вестник Алматинского технологического университета. 2016. №3. С. 106–112.
- 2 Zhilkaidarov A.N., Iskakova G.K., Chernyh V.Y. Development of Pasta Production by Using of Hard and Soft Domestic Sorts // Wheat Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2015. № 6 (5). P. 559–566.
- 3 Кекк В.В., Прохасько Л.С., Аптрахимов Д.Р., Боган В.И. Оценка качества макаронных изделий // Молодой ученый. 2015. №5. С. 155–158.
- 4 Малютин Т.Н., Туренко В.Ю. Исследование влияния нетрадиционного вида муки на качество макаронных изделий из мягкой пшеницы // Вестник ВГУИТ. 2016. № 4. С. 166–171.
- 5 Корячкина С.Я., Холодова Е.Н., Черных В.Я., Ладнова О.Л. Использование тонкодисперсных овощных и фруктовых порошков в технологии макаронных изделий // Современная наука и инновации. 2015. № 1 (9). С. 57–62.
- 6 Lua X., Brennana M. A., Serventia L. et al. Addition of mushroom powder to pasta enhances the antioxidant content and modulates the predictive glycaemic response of pasta // Food Chemistry. 2018. № 264. P. 199–209.
- 7 Milde L.B., Chigal P.S., Chiola Z.M.O. Nutritional characterization of gluten free non-traditional pasta // International Journal of Food Science and Nutrition. 2018. V. 3. № 5. P. 19–24.
- 8 Yazdankhah S., Hojjati M., Azizi M.H. The Antidiabetic potential of black mulberry extract-enriched pasta through inhibition of enzymes and glycemic index // Plant Foods for Human Nutrition. 2019. V. 74. № 1. 149–155.
- 9 Silva M.L.T., Brinques G.B., Gurak P.D. Use of sprouts byproduct flour for fresh pasta production // Braz. J. Food Technol., Campinas. 2019. V. 22. e2018063.
- 10 Filipovic J., Pezo L., Filipovic N. et al. Optimization of spelt pasta composition, regarding inulin hpx content and eggs quantity // Journal of Food and Nutrition Research. 2014. V. 2. № 4. P. 167–173.
- 11 Устименко Т.В., Филин В.М., Авдеева И.В. Практикум оценки качества зерна и зернопродуктов. СПб: ГИОРД, 2007. 176 с.
- 12 Фёдорова Р.А. Пищевая химия, лабораторный практикум. СПб: Университет ИТМО, 2015. 61 с.

References

- 1 Iskakova G.K., Zhilkaidarov A.N. The study of the pasta properties of wheat flour obtained from new varieties of wheat of Kazakhstan. Bulletin of Almaty Technological University. 2016. no. 3. pp. 106–112. (in Russian).
- 2 Zhilkaidarov A.N., Iskakova G.K., Chernyh V.Y. Development of Pasta Production by Using of Hard and Soft Domestic Sorts. Wheat Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2015. no. 6 (5). pp. 559–566.
- 3 Kekk V.V., Prokhasko L.S., Aprakhimov D.R., Bogan V.I. Assessment of the quality of pasta. Young scientist. 2015. no. 5. pp. 155–158. (in Russian).
- 4 Maljutina T.N., Turenko V.Yu. Study the effect of non-traditional type of flour on the quality of pasta products made of soft wheat. Proceedings of VSUET. 2016. no. 4. pp. 166–171 (in Russian).
- 5 Koryachkina S.Ya., Kholodova E.N., Chernykh V.Ya., Ladnova O.L. The use of micronized vegetable and fruit powders in the technology of pasta. Modern science and innovation. 2015. no. 1 (9). pp. 57–62 (in Russian).
- 6 Lua X., Brennana M.A., Serventia L. et al. Addition of mushroom powder to pasta enhances the antioxidant content and modulates the predictive glycaemic response of pasta. Food Chemistry. 2018. no. 264. pp. 199–209.
- 7 Milde L.B., Chigal P.S., Chiola Z.M.O. Nutritional characterization of gluten free non-traditional pasta. International Journal of Food Science and Nutrition. 2018. vol. 3. no. 5. pp. 19–24.
- 8 Yazdankhah S., Hojjati M., Azizi M.H. The Antidiabetic potential of black mulberry extract-enriched pasta through inhibition of enzymes and glycemic index. Plant Foods for Human Nutrition. 2019. vol. 74. no. 1. pp. 149–155.
- 9 Silva M.L.T., Brinques G.B., Gurak P.D. Use of sprouts byproduct flour for fresh pasta production. Braz. J. Food Technol., Campinas. 2019. vol. 22. e2018063.
- 10 Filipovic J., Pezo L., Filipovic N. et al. Optimization of spelt pasta composition, regarding inulin hpx content and eggs quantity. Journal of Food and Nutrition Research. 2014. vol. 2. no. 4. pp. 167–173.
- 11 Ustimenko T.V., Filin V.M., Avdeeva I.V. Workshop on assessing the quality of grain and grain products. St. Petersburg, GIORД, 2007. 176 p. (in Russian).
- 12 Fedorova R.A. Food Chemistry, laboratory workshop. St. Petersburg, ITMO University, 2015. 61 p. (in Russian).

Сведения об авторах

Галия К. Искакова д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопродуктов и перерабатывающих производств, Алматинский технологический университет, ул. Толе би, 100, г. Алматы, 050012, Казахстан, iskakova-61@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2077-8755>

Бауржан А. Изтаев к.т.н., докторант, кафедра технологии хлебопродуктов и перерабатывающих производств, Алматинский технологический университет, ул. Толе би, 100, г. Алматы, 050012, Казахстан, baurgoldman@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4434-6973>

Газибег О. Магомедов 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, mmg@inbox.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2494-4973>

Гулжанат А. Умирзакова PhD, кафедра технологии хлебопродуктов и перерабатывающих производств, Алматинский технологический университет, ул. Толе би, 100, г. Алматы, 050012, Казахстан, zhan_u_a@mail.ru

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Galiya K. Iskakova Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of bakeries and processing industries department, Almaty Technological University, Tole bi, 100, Almaty, 050012, Kazakhstan, iskakova-61@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2077-8755>

Baurzhan A. Iztaev Cand. Sci. (Engin.), technology of bakeries and processing industries department, Almaty Technological University, Tole bi, 100, Almaty, 050012, Kazakhstan, baurgoldman@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4434-6973>

Gazibeg O. Magomedov 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, mmg@inbox.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2494-4973>

Gulzhanat A. Umirzakova PhD, technology of bakeries and processing industries department, Almaty technological University, Tole bi, 100, Almaty, 050012, Kazakhstan, zhan_u_a@mail.ru

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 15/07/2019	После редакции 29/07/2019	Принята в печать 10/08/2019
Received 15/07/2019	Accepted in revised 29/07/2019	Accepted 10/08/2019

Пробиотические свойства кисломолочных продуктов гетероферментативного брожения

Туяна Н. Занданова	¹	tuyana35@mail.ru	 0000-0002-4659-7047
Прасковья А. Гоголева	¹	imkago@mail.ru	 0000-0003-0122-8018
Туяра П. Мырьянова	¹	myryuanova@mail.ru	 0000-0001-7300-0384
Кира В. Иванова	¹	kiravlad85@mail.ru	 0000-0002-2722-7825

¹ Якутская государственная сельскохозяйственная академия, г. Якутск, ш.Сергеляхское 3 км д.3, 677007, Россия

Аннотация. Представлены сведения по изучению пробиотических свойств кисломолочных продуктов гетероферментативного брожения, а именно их антимулгенной, гипохолестеринемической, антиоксидантной активности, способности подавлять патогенные и условно-патогенные бактерии. Представлены сведения об эффективном применении кумыса, кефира, чегена, курунга при лечении острых кишечных инфекций, их способности лимитировать интенсивность протекания перекисного метаболизма. Так, установлено их бактерицидное действие по отношению к туберкулезной палочке, *Escherichia coli*, *Bacillus fastidiosus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus* и др. Приведены данные клинических испытаний, доказывающие их влияние на нормализацию липидного обмена человека. Антиоксидантное действие связано с витаминами С, Е, полиненасыщенными жирными кислотами и др. продуцируемыми микрофлорой кисломолочных продуктов. Многими исследователями указывается, что многокомпонентные пробиотики обладают высоким адаптационным потенциалом в условиях желудочно-кишечного тракта. Так, искусственно созданные сообщества из лактобактерий, выделенные из спонтанно сформированной микрофлоры «кустарных» кисломолочных продуктов, проявляют антимикробное действие по отношению к патогенной микрофлоре.

Ключевые слова: пробиотики, кумыс, курунга, кефир, кисломолочные продукты гетероферментативного брожения

Probiotic properties of heterofermented milk products

Tuyana N. Zandanova	¹	tuyana35@mail.ru	 0000-0002-4659-7047
Praskovia A. Gogoleva	¹	imkago@mail.ru	 0000-0003-0122-8018
Tuyara P. Myryanova	¹	myryuanova@mail.ru	 0000-0001-7300-0384
Kira V. Ivanova	¹	kiravlad85@mail.ru	 0000-0002-2722-7825

¹ Yakutsk State Agricultural Academy, Yakutsk, 3 Sergelyakhskoye Highway 3, 677007, Russia

Abstract. Information is presented on the study of the probiotic properties of fermented milk products of heteroenzymatic fermentation, namely their antimutagenic, hypocholesterolemic, antioxidant activity, and the ability to suppress pathogenic and conditionally pathogenic bacteria. Data on the effective use of koumiss, kefir, chegen, kurunga in the treatment of acute intestinal infections, their ability to limit the intensity of peroxide metabolism are presented. Thus, their bactericidal action against tubercle *Bacillus*, *Escherichia coli*, *Bacillus fastidiosus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus*, etc. was established. The data of clinical trials proving their influence on the normalization of human lipid metabolism are Presented. Antioxidant effect is associated with the action of vitamins C, E, polyunsaturated fatty acids, etc. produced by the microflora of dairy products. Many researchers indicate that multicomponent probiotics have a high adaptive potential in the conditions of the gastrointestinal tract. Thus, artificially created communities of lactobacilli isolated from spontaneously formed microflora of "artisanal" fermented milk products exhibit antimicrobial action against pathogenic microflora.

Keywords: probiotic, probiotics, koumiss, kurunga, kefir, fermented milk products of heterofermentation.

Введение

Одним из основополагающих постулатов адекватного питания является то, что эндоэкология принимает участие в метаболических процессах в организме человека. При участии кишечной микрофлоры формируются потоки нутриентов, состоящих из модифицированных микроорганизмами нутриентов, продуктов жизнедеятельности бактерий и модифицированных флорой балластных веществ. В этих потоках содержатся такие биологически ценные

компоненты, как витамины, незаменимые аминокислоты, образованные в основном в результате бактериального метаболизма. О необходимости вторичных нутриентов свидетельствуют данные о повышении потребности в витаминах человека и животных, у которых кишечная микрофлора подавлена антибиотиками. Отсутствие бактериальной флоры приводит к нарушению метаболического баланса [9, 22, 23, 25].

Для цитирования

Занданова Т.Н., Гоголева П.А., Мырьянова Т.П., Иванова К.В. Пробиотические свойства кисломолочных продуктов гетероферментативного брожения // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 118–122. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-118-122

For citation

Zandanova T.N., Gogoleva P.A., Myryanova T.P., Ivanova K.V. Probiotic properties of heterofermented milk products. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 118–122. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-118-122

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Обсуждение

По мнению многих исследователей, эндоэкология человека и животных служит своеобразным пищевым гомеостатом, обеспечивающим разрушение некоторых избыточных компонентов пищи и образование недостающих продуктов.

Наиболее исследовано положительное влияние пробиотиков при профилактике и лечении заболеваний, связанных с нарушением баланса кишечной микрофлоры. Согласно регламентированным требованиям термин «пробиотик» означает функциональный пищевой ингредиент в виде полезных для человека непатогенных и нетоксикогенных живых микроорганизмов, обеспечивающий при системном употреблении в пищу в виде препаратов или в составе пищевых продуктов благоприятное воздействие на организм человека в результате нормализации состава и /или повышения биологической активности нормальной микрофлоры [18].

К пробиотикам относятся преимущественно представители родов *Lactobacillus* и *Bifidobacterium*, а также отдельные штаммы некоторых видов *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Bacillus* и *Saccharomyces* [22–25].

Действие пробиотиков в настоящее время является объектом многих исследований. Установлено, что они могут: повышать иммунитет организма, синтезируя бактерицидные вещества, предотвращающие различные инфекции; стимулировать укрепление слизистого слоя в кишечнике – барьера против инфекций и токсинов; тормозить развитие патогенной и гнилостной микрофлоры; продуцировать витамины [7, 9, 26].

Было бы ошибкой предполагать, что пробиотики имеют универсальное действие и одинаково эффективны для всех людей. Их действие зависит от способности адаптироваться к эндоэкологии организма-хозяина. Так, например, изучение биологических свойств микроорганизмов, выделенных из разных биотопов людей, имеющих разные группы крови, показало, что штаммы *Bacteroides ovatus* и *Bacteroides denticola*, синтезирующие гликозилтрансферазу, были выделены только от людей со второй группой крови [12].

По мнению P.L. Stark, A. Lee, желудочно-кишечный тракт человека колонизирован огромным количеством различных видов микроорганизмов общей массой 1,0–1,5 кг, что составляет около 10^{13} КОЕ/см³. Плотность бактериальных популяций в различных отделах желудочно-кишечного тракта неоднородна. В ротовой полости их количество составляет

от 0 до 10^3 КОЕ/см³, в нижних отделах желудочно-кишечного тракта количество микроорганизмов значительно выше. Основными факторами, влияющими на увеличение количества бактерий в верхних отделах желудочно-кишечного тракта, являются рН, быстрое движение пищевых масс, секреция желудочного сока и желчи. Экология в толстой кишке диаметрально противоположна, поэтому в толстой кишке количество бактерий достигает 10^{13} КОЕ/см³ [31].

Многими исследователями указывается что, проблема снижения иммунитета организма тесно связана с нарушением нормальной микрофлоры различных биотопов желудочно-кишечного тракта. Многочисленные экспериментальные данные и клинические наблюдения свидетельствуют о том, что совокупность биотопов организма человека является единым органом, и дисбактериоз на одном из биотопов распространяется на другие отделы, нарушая функционирование системы иммунного гомеостаза и повышая вероятность возникновения осложнений [12, 23].

На эффективность колонизационной резистентности, проявляющейся в антагонизме к чужеродным микроорганизмам и препятствию их адгезии к слизистым оболочкам желудочно-кишечного тракта, большое влияние оказывается возраст и тип питания человека.

Пробиотики широко применяют в терапии острых кишечных инфекций у детей. Установлено, что применение *Lactobacillus rhamnosus strain GG*, *Enterococcus faecium*, *Saccharomyces boulardii*, *Lactobacillus reuteri*, *Bifidobacterium bifidum* совместно с *Streptococcus thermophilus* и др. при ротавирусной инфекции и остром гастроэнтерите детей ускоряет выздоровление пациентов [27].

Однако у взрослых чаще всего эффективным оказывалось применение комплексных препаратов на основе энтерококков (*E. faecium*), стрептококков (*Streptococcus thermophilus*) в комбинации с бифидобактериями и лактобациллами или сахаромикетов (*Saccharomyces boulardii*, Энтерол). Выбор конкретного пробиотического препарата обусловлен рядом причин, однако при диареях большей эффективностью обладают комплексные пробиотики [2].

Многими исследователями указывается, что применение поликомпонентных пробиотиков с первых дней кишечной инфекции ускоряет сроки выздоровления, улучшает прогноз и исход заболеваний, снижает риск и длительность обострения фоновой аллергической патологии, уменьшает выраженность микрoэкологических нарушений кишечника [19].

Многие авторы считают, что молочнокислые бактерии являются бактериальной основой закваски большинства ферментированных продуктов питания, постоянными обитателями желудочно-кишечного тракта и способны успешно конкурировать с гнилостными бактериями, обитающими в кишечнике, часто устойчивыми к антибиотикам [16, 17, 22, 24].

Можно предположить, что многокомпонентные пробиотики обладают более высоким адаптационным потенциалом в условиях желудочно-кишечного тракта, поскольку содержат микроорганизмы с различными физиологическими особенностями (температура жизнедеятельности, оптимальная pH среды, потребности к питательной среде и т. д.).

Большой интерес к пробиотикам – естественным симбионтам вызван тем, что после прекращения поддерживающей терапии препаратами на основе штаммов монокультур последние быстро прекращают развиваться и замещаются случайной микрофлорой. Введение симбиотических комплексов для образования в организме более мощных кластерных связей и более устойчивых биорезонансных систем эндосимбионтов на практике дает стабильные результаты [8, 21].

Традиционно основными источниками новых эффективных пробиотических штаммов являются самоквасные кисломолочные продукты. В этом отношении внимания заслуживают естественно сформированные популяции микроорганизмов в кефире, кумысе, чегене, шубате и курунге.

Некоторые национальные кисломолочные продукты (кумыс, курунга) издавна используются как общеукрепляющее средство при легочных заболеваниях, лечении туберкулеза [1, 3].

Исследование кумыса из различных частей Северного Казахстана свидетельствует о высокой антагонистической активности микрофлоры. Выделенные из кумыса молочнокислые бактерии задерживали рост *Staphylococcus aureus* в диаметре 25 мм [3].

Л.Г. Стояновой обнаружено, что лактококки, выделенные из бурятского национального кисломолочного продукта смешанного брожения (штаммы 194, К-205, IR3, IR4), отличались высоким уровнем ингибиторной активности, обладали широким спектром антибактериального действия: эффективно подавляли рост как грамположительных, так и грамотрицательных бактерий: *Alcaligenes faecalis*, *Proteus vulgaris*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens*. Эти штаммы проявляли и фунгицидное действие – подавляли рост мицелиальных грибов и дрожжей: *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum*, *Fusarium oxysporum*, *Candida guilliermondii*, *Rhodotorula aurantiaca* [15].

Высокая биохимическая активность микроорганизмов, выделенных из национальных кисломолочных продуктов, подтверждается исследованиями по изучению способности выделенных из чегена молочнокислых бактерий продуцировать антибиотические вещества. Полученные Л.Ч.Букачаковой и Т.П. Арсеньевой антибиотики диплококцин, низин и лактолин подавляли рост возбудителей кишечных заболеваний и туберкулезной палочки [1].

О.В. Кригер установила, что искусственно созданное симбиотическое сообщество из лактобактерий *Lactobacillus gallinarum*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus lactis subsp. Lactis* и *Lactobacillus fermentum*, выделенных из национальных кисломолочных продуктов курунги, кумыса, айрана и чегена, проявляет антимикробное действие по отношению к патогенным и условно-патогенным микроорганизмам. Так, зона ингибирования роста *Escherichia coli* B-6954 – 33,2 мм, *Bacillus fastidiosus* B-5651 – 32,4 мм, *Pseudomonas fluorescens* B-3502 – 27,0 мм, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027 – 34,6 мм, *Leuconostoc mesenteroides* B-8404 – 31,7 мм, *Candida albicans* ATCC 885 – 653 – 32,2 мм, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 – 30,2 мм. Предполагается, что антагонистические свойства симбиотической консорции молочнокислых бактерий обусловлены синтезом веществ белковой природы, преимущественно бактериоцинов [5].

Возможность формирования симбиотического сообщества микроорганизмов, обладающего высокой антибиотической активностью, подтверждается данными по изучению антагонистической активности микробной консорции, состоящей из культур лактозосбраживающих дрожжей, микробной ассоциации кефирных грибов и ацидофильной палочки, к штамму *E. coli* J53. Было отмечено бактерицидное действие в разведении 1:4, бактериостатическое – 1:16 [20].

В результате обследования 138 пациентов с риском развития атеросклероза в течение 3 мес. приема кумыса было обнаружено снижение значения продуктов окисления липидов со снижением диеновых конъюгатов на 34,89% ($p < 0,05$), кетодиенов и сопряженных триенов – на 32,75% ($p < 0,05$) от исходных значений. На основании проведенных исследований авторы установили, что кумыс способствует лимитированию интенсивности протекания перекисного метаболизма, что обеспечивает возрастание регуляторных возможностей организма по поддержанию метаболических факторов риска атеросклероза. Гиперхолестеринемический эффект кумыса подтвержден активацией супероксиддисмутазы

и каталазы, подавлением процессов перекисного окисления липидов. Антиоксидантное действие авторы связывают с действием витаминов С, Е, полиненасыщенных жирных кислот и каротина, продуцируемых микрофлорой кумыса [6].

Влияние кумыса на нормализацию липидного обмена подтверждено клиническими исследованиями спортсменов и рабочих горнодобывающей отрасли. После курсового лечения было установлено уменьшение содержания продуктов окисления липидов, увеличение содержания аскорбиновой кислоты в крови [10].

Кефир является единственным кисломолочным продуктом с многокомпонентной микрофлорой, производимым в промышленных масштабах. Его целебные свойства обусловлены микрофлорой напитка, которая включает многообразие различных термофильных и мезофильных молочнокислых бактерий, дрожжей, сбраживающих и не сбраживающих лактозу, ацетобактерий. В кефире содержатся практически все витамины, широкий спектр микроэлементов, свободные аминокислоты и органические кислоты. Лечебное действие кефира во многом обусловлено молочной кислотой, которая является антисептиком, нормализует перистальтику кишечника, способствует расщеплению молочного белка казеина, который содержит незаменимые аминокислоты. Триптофан является одной из незаменимых аминокислот, в большом количестве содержится в кефире и хорошо известен своим успокаивающим действием, которое усиливается кальцием и магнием. Кроме того, кислая среда, образуемая кефиром в желудке, способствует хорошему усвоению микроэлементов. Все вышеперечисленные положительные биологические свойства кефира подтверждены множеством экспериментальных и клинических исследований в различных областях медицины [4].

Известно, что дрожжи, входящие в состав кефира, проявляют бактерицидное действие на туберкулезную палочку [24].

В настоящее время в России на долю сердечно-сосудистых (ССЗ) заболеваний в структуре общей смертности приходится более 55%. Артериальная гипертония (АГ) является основным фактором риска, определяющим прогноз заболеваемости и смертности от ССЗ среди населения России. Вероятность возникновения таких заболеваний, как острое нарушение мозгового кровообращения и ишемической болезни сердца (ИБС) при гипертонической болезни (ГБ), возрастает в 4–6 и 2–3 раза соответственно. В связи с этим для профилактики АГ и в комплексной терапии этого состояния актуальным является

применение кисломолочных продуктов, обладающих гипотензивными свойствами, к числу которых относится кефир. Подтверждением этому служат данные экспериментального исследования воздействия кефира в сочетании с низкими дозами аспирина (10 мг/кг) на величину артериального давления и уровень почечного апоптоза у крыс с экспериментальной гипертензией, спровоцированной гиперсолевой (ГС) 4 недельной диетой (8,0% NaCl). Результаты исследования показали у крыс на ГС диете значительное увеличение систолического, диастолического и пульсового артериального давления по сравнению с контрольными значениями. Введение в рацион кефира существенно снижало уровень этих показателей, а также катепсина-В и уменьшало фрагментацию ДНК. Таким образом, было показано, что кефир и низкие дозы аспирина уменьшают функциональные нарушения почек. При этом кефир играет роль ингибитора ангиотензин-превращающего фермента (АПФ) [28].

Способность кефира снижать АД и ЧСС за счёт ингибирования АПФ у крыс с экспериментальной гипертензией доказана в работах J.C. Rodríguez-Figueroa с соавторами [30].

Доказана клиническая эффективность применения курунги для восстановления биоценоза толстого кишечника у детей с хроническим гастритом. На фоне приема курунги было отмечено значительное снижение условно-патогенных бактерий и увеличение количества бифидобактерий и лактобактерий. Установлено, что выделенные из курунги лактобациллы проявляли выраженный антагонизм по отношению к кишечной палочке и золотистому стафилококку. Исследователями отмечается, что курунга «кустарного производства» проявляла большую антагонистическую активность по отношению к патогенной микрофлоре, чем «ЭМ-курунга» (ТУ 9223–002–80714073–2001). Установлено, что выделенные культуры *L.acidophylus*, *L.bulgaricus*, *L.casei*, *L.plantarum*, *L.helveticus*, *Str.lactis*, *Str.cremoris*, *Str.lactis vardiactilactis* задерживали рост *E.coli* и *Staph.aureus* в зоне от 6,0 до 14,5 мм.

Заключение

Из проведенного анализа литературных источников видно, что исследование действия пробиотиков является одним из перспективных направлений развития науки о лечебно-профилактическом питании.

Употреблением некачественной пищи и воды, антибиотиков, малоподвижный образ жизни современного человека являются причинами нарушения баланса нормальной микрофлоры,

возникновения заболеваний желудочно-кишечного тракта, поэтому ежедневное употребление пробиотиков необходимо. Многие исследователи указывают, что плотность и видовой состав бактериальной популяции в различных отделах желудочно-кишечного тракта неоднородны. Так, установлено, что дисбактериоз на одном из биотопов распространяется на другие отделы, нарушая функционирование системы иммунного гомеостаза. Доказано, что многокомпонентные пробиотики-симбиотики более эффективно подавляют рост патогенной и условно-патогенной микрофлоры в сравнении с пробиотиками, состоящими из монокультуры, поскольку монокультуры могут быстро вытесняться случайной микрофлорой.

Высокая профилактическая и клиническая эффективность естественно сформированной популяции микроорганизмов кисломолочных продуктов гетероферментативного брожения доказана многочисленными исследованиями. Установлен целый ряд биологических эффектов: антиоксидантная, гипохолестеринемическая, антибиотическая и витаминсинтезирующая. Поэтому применение естественно популяции микроорганизмов кисломолочных продуктов гетероферментативного брожения при создании бактериальных биологически активных добавок к пище является перспективным подходом при разработке эффективного пробиотика.

Литература

- 1 Букачакова Л.Ч., Арсеньева Т.П. Исследование физико-химических и микробиологических показателей закваски алтайского кисломолочного напитка чеген // Процессы и аппараты пищевых производств. 2013. № 3. С. 9.
- 2 Грачева Н.М., Аваков А.А. и др. Современное лечение диарей различного генеза с использованием пробиотических препаратов // Инфекционные болезни. 2007. № 5(1). С. 47–53.
- 3 Ермолаева А.Н., Алгожина У.Ж., Тен О.А., Балпанов Д.С. Изучение культур молочнокислых микроорганизмов выделенных из кумыса различных регионов Северного Казахстана // Биотехнология, теория и практика. 2012. № 3. С. 87–90.
- 4 Колмакова Т.С., Белик С.Н. Характеристика кефира как ценного пробиотического продукта и его биологических свойств // Медицинский вестник Юга России. 2014. № 3. С. 35–42.
- 5 Кригер О.В. Актуальные вопросы создания функциональных напитков с антибиотическими свойствами // Актуальные вопросы индустрии напитков. 2017. № 1. С. 62–64.
- 6 Кудаярова Р.Р., Гильмутдинова Л.Т., Кудаярова Р.Р. Восстановительная коррекция липидного обмена у лиц с риском развития атеросклероза с применением кумыса // Медицинский вестник Башкортостана. 2010. № 10. С. 102–105.
- 7 Мазанкова Л.Н., Лыкова Е.А. Пробиотики: характеристика препаратов и выбор в педиатрической практике // Детские инфекции. 2004. № 1. С. 18–24.
- 8 Маягский А.Н. Дисбактериоз: иллюзии и реальность // Педиатрия. 2000. № 4. С. 80–88.
- 9 Новик Г.И. и др. Биологическая активность микроорганизмов-пробионтов // Прикл. биохим. и микробиол. 2006. Т. 42. № 2. С. 187–194.
- 10 Охлопкова Е.Д., Олесова Л.Д., Константинова Л.И., Миронова Г.Е. Влияние кумыса на перекисное окисление липидов у спортсменов Якутии на восстановительном этапе // Академический журнал Западной Сибири. 2012. № 1. С. 14–15.
- 11 Погорельский И.П., Чичерин И.Ю., Лундовских И.А., Гаврилов К.Е. и др. Биологические свойства бактериоидов, выделенных из биотопов людей со второй группой крови // Инфекционные болезни. 2013. Т. 11. № 2. С. 45–51.
- 12 Решетник Л.А., Булгадаева Р.В., Птичкина О.И., Леонтьева И.Н. Микробиологическая и клиническая характеристика курунги // Сибирский медицинский журнал. 2007. Т. 69. № 2. С. 88–91.
- 13 Грачева Н.М., Аваков А.А., Паргин О.С., Щербаков И.Т. и др. Современное лечение диарей различного генеза с использованием пробиотических препаратов // Инфекционные болезни. 2007. Т. 5. № 1. С. 47–53.
- 14 Стоянова Л.Г. Выделение и идентификация молочных бактерий *Lactococcus Lactis subsp. Lactis* с антимикробным действием // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2017. № 5. С. 41–61.
- 15 Стоянова Л.Г. Молочнокислые бактерии: практикум по микробиологии. М.: Академия, 2005. 486 с.
- 16 Стоянова Л.Г., Семенова Е.В. Слияние протопластов молочнокислых бактерий *Lactococcus Lactis*. М.: МАКС ПРЕСС, 2015. 68 с.
- 17 ТР ТС 033/2013 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции».
- 18 Усенко Д.В., Горелова Е.А. Эффективность современных пробиотиков в терапии острых кишечных инфекций у детей с сопутствующим атопическим дерматитом // Инфекционные болезни. 2013. Т. 11. № 3. С. 27–34.
- 19 Хамнаева Н.И., Олмоева В.Д., Намсараева З.М. Исследование антагонистической активности комбинированного инокулята на основе микробной ассоциации кефирных грибов // Вестник ВСГУТУ. 2016. № 4 (61). С. 84–88.
- 20 Шаблин П.А. Эффективные микроорганизмы – реальность и перспективы // ЭМ-технология – надежды планеты: тезисы 1-ой Всеросс. научно-практ. конф. Воронеж.
- 21 Шендеров Б.А. Пробиотики и функциональное питание. М.: Грантъ, 2001. 288 с.
- 22 Шендеров Б.А. Функциональное питание и его роль. М.: Дели Принт, 2008. 320 с.
- 23 Adiloglu A.K. et al. The effect of kefir consumption on human immune system: a cytokine study // Microbiol Bul. 2013. V. 47. № 2. P. 273–281.
- 24 Bernhom N., Licht T.R., Brogren C.H. et al. Effects of *Lactococcus lactis* on Composition of Intestinal Microbiota: Role of Nisin // Applied and Environmental Microbiology. 2006. V. 72. P. 1239–1244.

- 25 Cagno R. et al. Assessing the proteolytic and lipolytic activities of single strains of mesophilic lacto bacilli as adjunct cultures using a Caciotta cheese model system // Int. Dairy J. 2006. V. 16. P. 119–130.
- 26 Holzapfel W.H., Shulinger U. Introduction to pre- and probiotics // Food Research International. 2002. V. 35. P. 125–129.
- 27 Kanbak G. et al. Effect of kefir and low-dose aspirin on arterial blood pressure measurements and renal apoptosis in unihypertensive rats with 4 weeks salt diet // Clin Exp Hypertens. 2013. V. 30. P. 345–349.
- 28 Marteau P.R. et al. Protection from gastrointestinal diseases with the use of probiotics // Am J Clin Nutr. 2001. V. 73. № 2. P. 430.
- 29 Rodríguez-Figueroa J.C. et al. Hypotensive and heart rate-lowering effects in rats receiving milk fermented by specific *Lactococcus lactis* strains // Br. J. Nutr. 2013. V. 109. № 5. P. 827–833.
- 30 Stark P.L., Lee A. The microbial ecology of the large bowel of breast-fed and formula-fed infants during the first year of life // J. Med. Microbiol. 1982. № 2. P. 189–203.
- 31 Ускова Д.Г., Попова Н.В. Исследование хранимостности йогуртов, произведённых на основе сонохимически микронизированного фукоидана // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2019. Т. 7. № 2. С. 24–34. doi: 10.14529/food190203

References

- 1 Bukachakova L.Ch., Arsenyeva T.P. The study of physico-chemical and microbiological indicators of the sourdough of the Altai fermented milk drink Chegen. Processes and Food Production Equipment. 2013. no. 3. pp. 9. (in Russian).
- 2 Gracheva N.M., Avakov A.A. et al. Modern treatment of diarrhea of various origins using probiotic drugs. Infectious diseases. 2007. no. 5 (1). pp. 47–53. (in Russian).
- 3 Ermolaeva A.N., Algozhina U.Zh., Ten O.A., Balpanov D.S. The study of cultures of lactic acid microorganisms isolated from koumiss of various regions of Northern Kazakhstan. Biotechnology, Theory and Practice. 2012. no. 3. pp. 87–90. (in Russian).
- 4 Kolmakova T.S., Belik S.N. Characterization of kefir as a valuable probiotic product and its biological properties. Medical Bulletin of the South of Russia. 2014. no. 3. pp. 35–42. (in Russian).
- 5 Krieger O.V. Actual issues of creating functional drinks with antibiotic properties. Actual issues of the beverage industry. 2017. no. 1. pp. 62–64. (in Russian).
- 6 Kudayarova R.R., Gilmudinova L.T., Kudayarova R.R. Reconstructive correction of lipid metabolism in individuals at risk of developing atherosclerosis using koumiss. Medical Bulletin of Bashkortostan. 2010. no. 10. pp. 102–105. (in Russian).
- 7 Mazankova L.N., Lykova E.A. Probiotics: characterization of drugs and choice in pediatric practice. Infection of children. 2004. no. 1. pp. 18–24. (in Russian).
- 8 Mayagsky A.N. Dysbacteriosis: illusions and reality. Pediatrics. 2000. no. 4. pp. 80–88. (in Russian).
- 9 Novik G.I. et al. Biological activity of probiotic microorganisms. Applied Biochemistry and Microbiology. 2006. vol. 42. no. 2. pp. 187–194. (in Russian).
- 10 Okhlopokova E.D., Olesova L.D., Konstantinova L.I., Mironova G.E. The influence of koumiss on lipid peroxidation in athletes of Yakutia at the recovery stage. Journal of Western Siberia. 2012. no. 1. pp. 14–15. (in Russian).
- 11 Pogorelsky I.P., Chicherin I.Yu., Lundovsky I.A., Gavrilov K.E. et al. Biological properties of bacteroids isolated from biotopes of people with the second blood group. Infectious diseases. 2013. vol. 11. no. 2. pp. 45–51. (in Russian).
- 12 Reshetnik L.A., Bulgadaeva R.V., Ptichkina O.I., Leontieva I.N. Microbiological and clinical characteristics of kurungs. Siberian Medical Journal. 2007. vol. 69. no. 2. pp. 88–91. (in Russian).
- 13 Gracheva N.M., Avakov A.A., Partin O.S., Shcherbakov I.T. and other Modern treatment of diarrhea of various origins using probiotic drugs. Infectious diseases. 2007. vol. 5. no. 1. pp. 47–53. (in Russian).
- 14 Stoyanova L.G. Isolation and identification of lactic bacteria *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis* with antimicrobial action. Bulletin of the Timiryazev Agricultural Academy. 2017. no. 5. pp. 41–61. (in Russian).
- 15 Stoyanova L.G. Lactic acid bacteria: workshop on microbiology. Moscow, Akademiya, 2005. 486 p. (in Russian).
- 16 Stoyanova L.G., Semenova E.V. The fusion of protoplasts of lactic acid bacteria *Lactococcus lactis*. Moscow, MAKSPRESS, 2015. 68 p. (in Russian).
- 17 TR TS 033/2013 Technical regulation of the Customs Union “On the safety of milk and dairy products”. (in Russian).
- 18 Usenko D.V., Gorelova E.A. The effectiveness of modern probiotics in the treatment of acute intestinal infections in children with concomitant atopic dermatitis. Infectious diseases. 2013. vol. 11. no. 3. pp. 27–34. (in Russian).
- 19 Khamnaeva N.I., Olmoeva V.D., Namsaraeva Z.M. The study of the antagonistic activity of the combined inoculum based on the microbial association of kefir fungi. Bulletin of the VSGUT. 2016. no. 4 (61). pp. 84–88. (in Russian).
- 20 Shablin P.A. Effective microorganisms - reality and prospects. EM technology – the hopes of the planet: theses of the 1st All-Russian. scientific and practical. conf. Voronezh. (in Russian).
- 21 Shenderov B.A. Probiotics and functional nutrition. Moscow, Grant, 2001. 288 p. (in Russian).
- 22 Shenderov B.A. Functional nutrition and its role. Moscow, Deli Print, 2008. 320 p. (in Russian).
- 23 Adiloglu A.K. et al. The effect of kefir consumption on human immune system: a cytokine study. Microbiol. Bull. 2013. vol. 47. no. 2. pp. 273–281.
- 24 Bernhom N., Licht T.R., Brogren C.H. et al. Effects of *Lactococcus lactis* on Composition of Intestinal Microbiota: Role of Nisin. Applied and Environmental Microbiology. 2006. vol. 72. pp. 1239–1244.
- 25 Cagno R. et al. Assessing the proteolytic and lipolytic activities of single strains of mesophilic lacto bacilli as adjunct cultures using a Caciotta cheese model system. Int. Dairy J. 2006. vol. 16. pp. 119–130.
- 26 Holzapfel W.H., Shulinger U. Introduction to pre- and probiotics. Food Research International. 2002. vol. 35. pp. 125–129.

27 Kanbak G. et al. Effect of kefir and lowdose aspirin on arterial blood pressure measurements and renal apoptosis in unihypertensive rats with 4 weeks salt diet. *Clin Exp Hypertens*. 2013. vol. 30. pp. 345–349.

28 Marteau P.R. et al. Protection from gastrointestinal diseases with the use of probiotics. *Am J Clin Nutr*. 2001. vol. 73. no. 2. pp. 430.

29 Rodríguez-Figueroa J.C. et al. Hypotensive and heart rate-lowering effects in rats receiving milk fermented by specific *Lactococcus lactis* strains. *Br. J. Nutr*. 2013. vol. 109. no. 5. pp. 827–833.

30 Stark P.L., Lee A. The microbial ecology of the large bowel of breast-fed and formula-fed infants during the first year of life. *J. Med. Microbial*. 1982. no. 2. pp. 189–203.

31 Uskova D.G., Popova N.V. The study of the storage capacity of yogurts based on sonochemically micronized fucoidan. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnologies*. 2019. vol. 7. no. 2. pp. 24–34. doi: 10.14529/food190203 (in Russian).

Сведения об авторах

Туяна Н. Занданова к.т.н., доцент, кафедра технологии переработки продукции животноводства и общественного питания, Якутская государственная сельскохозяйственная академия, ш. Сергеляхское 3км, д.3 г. Якутск, 677007, Россия, tuyana35@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4659-7047>

Прасковья А. Гоголева к.с/х.н, кафедра технологии переработки продукции животноводства и общественного питания, Якутская государственная сельскохозяйственная академия, ш. Сергеляхское 3км, д.3 г. Якутск, 677007, Россия, imkago@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0122-8018>

Туяра П. Мырьянова ст. препод, кафедра технологии переработки продукции животноводства и общественного питания, Якутская государственная сельскохозяйственная академия, ш. Сергеляхское 3км, д.3 г. Якутск, 677007, Россия, myryuanova@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7300-0384>

Кира В. Иванова ст. препод., кафедра технологии переработки продукции животноводства и общественного питания, Якутская государственная сельскохозяйственная академия, ш. Сергеляхское 3км, д.3 г. Якутск, 677007, Россия, kiravlad85@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2722-7825>

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Tuyana N. Zandanova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology for processing livestock products and catering department, Yakutsk State Agricultural academy, 3 km Sergelyakhskoye highway, 3, Yakutsk, 677007, Russia, tuyana35@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4659-7047>

Praskovia A. Gogoleva Cand. Sci. (Agric.), technology for processing livestock products and catering department, Yakutsk State Agricultural Academy, 3 km Sergelyakhskoye highway, 3, Yakutsk, 677007, Russia, imkago@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0122-8018>

Tuyara P. Myryanova senior teacher, technology for processing livestock products and catering department, Yakutsk State Agricultural Academy, 3 km Sergelyakhskoye highway, 3, Yakutsk, 677007, Russia, myryuanova@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7300-0384>

Kira V. Ivanova senior teacher, technology for processing livestock products and catering department, Yakutsk State Agricultural Academy, 3 km Sergelyakhskoye highway, 3, Yakutsk, 677007, Russia, kiravlad85@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2722-7825>

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 14/08/2019	После редакции 26/08/2019	Принята в печать 04/09/2019
Received 14/08/2019	Accepted in revised 26/08/2019	Accepted 04/09/2019

Применение системы искусственного обоняния для мониторинга состояния хлебобулочных изделий

Татьяна А. Кучменко¹

Tak1907@mail.ru

 0000-0001-7812-9195Юлия Н. Босикова¹

bosikovayuliya@mail.ru

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

Аннотация. Рассматриваются примеры применения интегральной аналитической системы «электронный нос» для установления ранних признаков порчи хлебобулочных изделий. Развитие физико-химических методов анализа идет по пути дифференцирования состава проб и принятия решения по содержанию набора компонентов, определяющих безопасность и качество продукта. Однако дифференциация и дескрипторная оценка интегральных органолептических свойств, особенно запаха и вкуса, не отражает истинного состояния продукта. Развитие инновационных методов основано на приближении инструментального анализа запаха и вкуса к восприятию их человеком. Представлены результаты оценки качества и изменения состояния белого и черного хлеба в процессе хранения по сигналам массива химических сенсоров на основе высокочувствительных пьезовесов. Пьезокварцевые микровесы модифицированы наноструктурированными фазами различной природы и массы. Модификаторы подобраны с учетом их избирательности и чувствительности к легко летучим биомолекулам, содержание которых может изменяться при созревании или порче хлеба, либо в процессе хранения. В качестве таких фаз применены биогидроксипатит, многослойные углеродные нанотрубки, окисленные азотной кислотой, нитрат оксида циркония. Показано, что по сигналам «электронного носа» «МАГ-8» на основе восьми пьезосенсоров с наноструктурированными фазами возможно раннее фиксирование изменений состояния хлеба по качественному и количественному составу смеси легколетучих биомолекул, на которые настроен массив. Для проб батона из пшеничной муки и черного хлеба определен состав веществ-маркеров, отражающих природу изделий и их изменение в процессе хранения и порчи. Отмечено изменение содержания воды, уксусной кислоты, кетонов, спиртов, ацетатов и аминов. Предложены расчетные параметры «электронного носа», связанные с содержанием этих соединений и позволяющие их распознать в смеси в присутствии других соединений.

Ключевые слова: анализ, запах, хлебобулочные изделия, сенсоры, электронный нос, хранение

Application of artificial smell systems for bakery products state monitoring

Tatyana A. Kuchmenko¹

Tak1907@mail.ru

 0000-0001-7812-9195Julia N. Bosikova¹

bosikovayuliya@mail.ru

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. Examples of the integrated analytical system "electronic nose" use to discover early signs of bakery products deterioration are studied in the article. The development of physical and chemical analysis methods goes along the path of samples composition differentiating and making decisions on the components set content that determine the product safety and quality. However, the differentiation and descriptor assessment of the integral organoleptic properties, especially of smell and taste, does not reflect the product true state. The development of innovative methods is based on the approximation of instrumental analysis of smell and taste to human perception. The results of quality assessment and changes in the state of white and black bread during storage by the signals of an array of chemical sensors based on highly sensitive piezoelectric scales are presented. Piezoelectric quartz microscales are modified with nanostructured phases of various nature and mass. Modifiers were selected taking into account their selectivity and sensitivity to easily volatile biomolecules, the content of which can be changed with the maturation or spoilage of bread, or during storage. As such phases, biohydroxyapatite, multilayer carbon nanotubes oxidized with nitric acid, zirconium nitrate are used. It was shown that the MAG-8 electronic nose signals based on eight piezosensors with nanostructured phases it is possible to detect changes in the state of bread by the qualitative and quantitative composition of the mixture of volatile biomolecules that the array is tuned to. For samples of a loaf of wheat flour and black bread, the composition of marker substances was determined, reflecting the nature of the products and their change during storage and spoilage. Changes in the content of water, acetic acid, ketones, alcohols, acetates and amines were noted in the article. The calculated parameters of the "electronic nose" associated with the content of these compounds and allowing them to be recognized in a mixture in the presence of other compounds were offered in the work.

Keywords: analysis, smell, bakery products, sensors, electronic nose, storage

Введение

Уже более 50 лет развиваются и занимают свою нишу в аналитическом приборостроении особые системы и устройства – «электронные носы». Однако в отличие от подавляющего

большинства аналитических методов и приборов им соответствующих до сих пор в официальных реестрах приборов их нет. Несмотря на это системы, имитирующие орган обоняния человека, продолжают вызывать интерес. Это связано

Для цитирования

Кучменко Т.А., Босикова Ю.Н. Применение системы искусственного обоняния для мониторинга состояния хлебобулочных изделий // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 125–131. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-125-131

For citation

Kuchmenko T.A., Bosikova Ju.N. Application of artificial smell systems for bakery products state monitoring. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 125–131. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-125-131

с желанием человека минимально использовать свои органы чувств, при этом получать максимальную информацию о пробе. Особенно актуально это в пищевой промышленности [1–3].

Тем не менее, до настоящего времени нет глубокого понимания возможностей этих приборов, их достоинств по сравнению с обонянием дегустаторов. В то время, как самой природой внесены существенные ограничения и особенности восприятия и оценки запахов даже самыми опытными и обученными специалистами в этой области. Остановимся только на некоторых из них. Запах для большинства людей является слабодифференцированным интегральным ощущением и определяется суммарным воздействием от раздражения обонятельных рецепторов, рецепторов тройничного нерва и вомероназального органа. При этом площадь обонятельной зоны составляет около 6 см², что не позволяет фиксировать все летучие соединения, попадающие в носовую полость.

Специфическое ощущение присутствия в воздухе одорантов, обнаруживаемых рецепторами обоняния, вызывает положительных и отрицательных эмоции. Следствием этого является выделение оттенков запаха. Попытки объяснения восприятия и различения запахов привели к возникновению более 30 различных теорий с древности и до нашего времени. Наиболее известными из них являются: атомарная (корпускулярная) теория (Тит Лукреций Кар); эмпирические классификации (Г. Цваардемакер); волновая теория; теория структурного подобия (Дж. Эмур); спектроскопическая теория; теория генетического механизма кодирования белков-одорирецепторов. В совокупности эти теории объясняют, что восприятие и различение запаха зависят от качества носового дыхания, гормонального фона, специфической аносмии, возрастных особенностей, проводимости нервных пучков, уровня возбуждения нервной системы, индивидуального опыта. Немаловажным фактором является деградация обонятельного эпителия. Так, у новорожденных младенцев обоняние развито сильно, но уже за 1-й год жизни теряется на 40–50%. С возрастом уменьшается чувствительность и различение запахов, причем у мужчин больше, чем у женщин [4]. С возрастом происходит атрофия обонятельных волокон и их количество в обонятельном нерве неуклонно уменьшается (рисунок 1).

В определённых условиях наблюдается извращённое восприятие запахов, когда привычные вещества вдруг становятся резко неприятными. Психофизиологическое состояние

человека определяет пристрастия и восприятие. Изучение психики человека все больше приводит к пониманию того, что нет «инстинктивного выбора». Не инстинкты руководят нами, а сложный индивидуальный мозг, который мы в течение жизни формируем и который контролирует процессы внутри. Поэтому практически невозможно человеку абстрагироваться от обонятельных предпочтений, которые формируются с раннего детства и получают сильнейшую эмоциональную окраску.

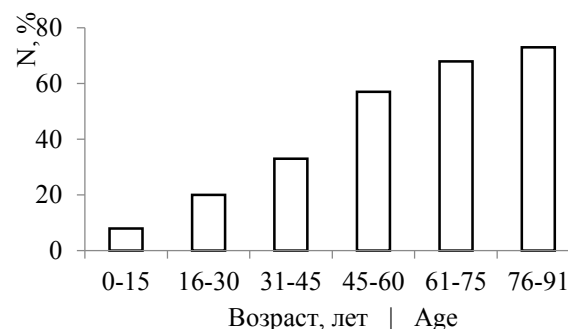


Рисунок 1. Возрастная динамика атрофии волокон обонятельного нерва у человека

Figure 1. Age dynamics of anatrophы of fibers of an olfactory nerve at the person

Противоречия в анализе различных систем все больше провоцируют исследователей на создание альтернативных человеческим искусственных обонятельных систем, способных не только анализировать запахи, но и в прямом смысле слова измерять (оцифровывать), запоминать и накапливать сведения об их следах (образах).

Если абстрагироваться от физиологии и принять ее как она есть, то внутри современного уровня развития технологий, прежде всего пищевых, также зреет серьезный конфликт.

Инновационные подходы в разработке новых видов продуктов, рецептов, технологий неуклонно развиваются и совершенствуются, а параметры для оценки качества продуктов практически не меняются либо меняются в области оценки по единичным показателям (например, содержание соли, влаги, жира, белка, этанола). В то же время традиционные показатели качества все чаще не отражают истинного состояния продукта, по которому легко поддерживаются контролируемые единичные показатели в границах требуемых нормативными документами уровнях, а по сути, продукт является фальсификатом или несоответствующим данному виду пищевого продукта, уровню качества. Уязвимость и существенное продвижение в решении такого несоответствия – возможность объективной оценки интегральных показателей качества,

приоритетным из которых является запах. В нормативных документах на все виды продукции, как пищевые, так и непищевые, это первое из оцениваемых показателей качества имеет описательную (качественный анализ) формулировку общего толка: «соответствующий данному виду продукта». Специалисты могут противопоставить этому утверждению наличие современных легколетучих соединений – высокоэффективную газовую хроматографию с самыми селективными и чувствительными детекторами. Но и здесь есть одна особенность. Именно эффективное разделение и максимально полное детектирование компонентов, составляющих летучую фракцию пробы, не приближает, а удаляет исследователя от характеристики свойства «запах». Потому что человеческий орган обоняния воспринимает запах именно интегрально, суммарно, а не дифференцированно, как большинство существующих аналитических систем (например, хромато-масс-спектрометрия). Эти методы нужны и важны для понимания структуры и состава, развития и создания новых пищевых систем, добавок, продуктов, но не имитации человеческого органа обоняния. Это является основной причиной незаменимости дегустаторов и одорометров на всех пищевых и многих непищевых производствах.

Противоречия приводят к появлению путей их разрешения или частичного устранения. Еще одно решение по совмещению прибора и человеческого обоняния нашло широкое распространение при анализе запахов пищевых продуктов, во Франции, Италии, Перу, Германии. Это применение эффективных газовых хроматографов с ольфактометрическим детектором (Gas Chromatography Analysis with Olfactometric Detection (GC-O)). Последовательно подвижная фаза проходит через детектор и ольфактометрическую приставку для установления связи между ключевыми соединениями и сенсорно-потребительского восприятия. По результатам GC-O ароматов получают информацию о пиках на хроматограмме, которые связаны с определенными одорометрическими ощущениями [5].

Наиболее близким решением в рассматриваемой области являются имитационные инструментальные методы и средства по разработке искусственного обоняния и систем «электронные носы». На рынке устройств насчитывается не менее 10 различных приборов на основе массива / набора относительно неселективных механических сенсоров с обратимой реакцией

на легколетучие компоненты самых разнообразных проб: от воды, воздуха, почвы до пищевых матриц и непищевых материалов, биопроб и проб техпроцессов. «Электронные носы» – измерительные устройства нового поколения на основе газо-чувствительных сенсоров, в которых принципиально изменена интерпретация аналитической информации. Отсутствует классический подход по качественному и количественному анализу смесей. Как и человеком, регистрируется интегральная (комплексная) характеристика запаха. Сравнение этих приборов и наиболее близких к ним по объектам анализа – газовой хроматографии проведено в обзоре [6].

Продемонстрируем особенности применения «электронного носа» российского производства («МАГ-8») для решения сравнительно простой задачи – наблюдение и регистрация изменений запаха хлебобулочных изделий двух видов при хранении в течение 5 сут. Серьезных изменений качественного продукта за это время не должно произойти. Задача сводится именно к возможности детектирования плавных, некритических изменений и получение максимально возможной аналитической информации за 60 с измерения без пробоподготовки. Методология измерения практически идентична тест-системам, но метрологические характеристики соответствуют и не уступают точным физико-химическим методам.

Материалы и методы

Хлебобулочные изделия всегда присутствуют в рационе человека и употребление некачественного хлеба может причинить вред здоровью. При хранении хлеб может поражаться различными болезнями. Болезни хлеба возникают или из-за использования муки с повышенной микробиологической загрязненностью, или при хранении хлеба в условиях повышенной влажности и температуры. Существуют различные болезни хлеба, такие как плесневение, картофельная болезнь и пигментные пятна. Поэтому обнаружение порчи хлеба на ранней стадии является актуальной проблемой.

Анализатор газов «МАГ-8» со съемным массивом сенсоров укомплектован набором 8 сенсоров с наноструктурированными покрытиями на основе окисленных многослойных углеродных нанотрубок, МУНТ (Черноголовка, Институт особо чистых материалов), нитрат оксида циркония, ЦР, свежесинтезированный биогидроксипатит (ГА) различных масс: сенсор 1 (S1) – МУНТ (масса 5,03 мкг), сенсор 2 (S2) – ЦР(4,03 мкг), сенсор 3 (S3) – ГА (4,03 мкг), сенсор 4 (S4) – ГА (2,15 мкг), сенсор 5 (S5) – ЦР(2,12 мкг), сенсор 6 (S6) – МУНТ (1,96 мкг).

Поставлена задача мониторинга изменений образцов мякиша хлебобулочных изделий при хранении в закрытых пробоотборниках по составу равновесной газовой фазы для установления возможных поражений.

В качестве объектов исследования выбраны образцы белого (Городская булка) и черного (Дарницкий) хлеба. Исследование проводили в течение 5 дней с шагом 1 сут.

Результаты и обсуждение

Статистически обработанные отклики массива твердотельных нанодисперсных сенсоров в равновесной газовой фазе (РГФ) над пробами белого хлеба представлены в таблице 1, многомерные отклики «электронного носа» – на рисунке 2.

Таблица 1.

Отклики сенсоров (ΔF , Гц) над пробами белого хлеба, $n = 3$, $P = 0,95$

Table 1.

Responses of sensors (ΔF , Hz) over tests of white loaf, $n = 3$, $P = 0,95$

Сутки Days		S1	S2	S3	S4	S5	S6
1	$X \pm \Delta X$	3 ± 1	5 ± 1	5 ± 1	5 ± 1	4 ± 1	7 ± 1
	δ	0,39	0,30	0,30	0,23	0,39	0,21
2	$X \pm \Delta X$	3 ± 1	6 ± 1	5 ± 1	3 ± 1	2 ± 1	5 ± 1
	δ	0,54	0,16	0,27	0,42	0,54	0,27
3	$X \pm \Delta X$	2 ± 1	4 ± 1	3 ± 1	3 ± 1	4 ± 1	3 ± 1
	δ	0,86	0,28	0,53	0,53	0,34	0,47
4	$X \pm \Delta X$	3 ± 1	4 ± 1	3 ± 1	3 ± 1	4 ± 1	3 ± 1
	δ	0,61	0,39	0,54	0,54	0,39	0,54
5	$X \pm \Delta X$	2 ± 1	2 ± 1	3 ± 1	3 ± 1	2 ± 1	3 ± 1
	δ	0,61	0,61	0,54	0,54	0,86	0,54

Геометрическая форма и ее постоянство для «визуальных отпечатков» максимумов отражают постоянство химического состава РГФ над пробами и соответственно самих проб [7].

Изменение формы фигуры «визуального отпечатка» вызывается изменением качественного и количественного состава запаха. Так, за 2 дня хранения проба белого хлеба не изменяет состав либо изменения находятся за пределами чувствительности пьезовесов и не регистрируются надежно.

Со 2-го на 3-й день фиксируется резкое уменьшение содержания соединений, что отражается на величине интегрального количественного параметра массива сенсоров – площади фигуры «визуального отпечатка», $S_{в.о}$, Гцс. Изменение формы «визуального отпечатка» может объясняться как естественным старением запаха или появлением новых соединений, изменяющих характер взаимодействия смесей с массивом. На 4-й день увеличивается содержание новых веществ в РГФ, что подтверждается увеличением $S_{в.о}$ (рисунок 2) при сохранении формы «визуального отпечатка».

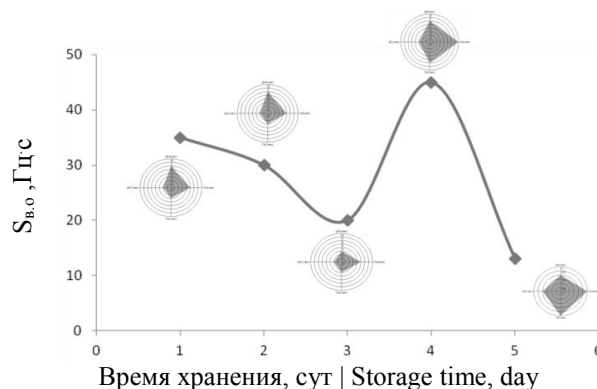


Рисунок 2. Изменение площади «визуального отпечатка» максимальных сигналов сенсоров в РГФ над пробами белого хлеба

Figure 2. Change of the area of "a visual print" of the maximum signals of sensors in RGF over tests of white loaf

На 5-е сут хранения регистрируется минимальное содержание компонентов в РГФ и новые изменения формы. Параллельно проводили органолептическую оценку запаха проб (таблица 2).

Таблица 2.

Органолептическая оценка проб белого хлеба при хранении

Table 2.

Organoleptic assessment of tests white loaf at storage

Сутки Days	Внешний вид Appearance	Запах Smell
1	Белый, пористый, характерный для свежего хлеба White, porous, characteristic of fresh bread	Характерен выбранному виду пробы Characteristic of the selected sample type
2		
3	Черные точки, незначительные изменения Black dots, minor changes	Практически не отличается от запаха свежего Virtually no different from the smell of fresh
4	Появление микробиологической порчи The appearance of microbiological damage	Слабый неприятный запах Faint odor
5		

Для распознавания присутствия в РГФ хлеба отдельных классов соединений применены параметры идентификации A_{ij} , рассчитанные по сигналам сенсоров в анализируемых образцах и для тест-веществ. При этом выбраны параметры A_{ij} , изменяющиеся при хранении. По всем значениям установлено значительное изменение качественного состава на 4–5-й день хранения (таблица 3). Наиболее информативный параметр

для идентификации веществ в РФФ – А(S2/S3), дополнительный – А (S3/S4). В результате надежно детектируется по совокупности параметров в 1-й и 2-й дни – вода, уксусная кислота, ацетаты и кетоны. На 5-е сут количество веществ растет, добавляются тяжелые кетоны (алкилкетоны, метилэтилкетон, МЭК), амины.

Накопление на 4-й день этилацетата и кетонов свидетельствует о порче и устойчивых изменениях мякиша. Присутствие уксусной кислоты объясняется тем, что в настоящее время актуальной проблемой является «картофельная болезнь» хлеба. Для борьбы с ней при производстве хлеба в качестве консерванта добавляют уксусную кислоту. Для свежей пробы содержание ее минимально, так как она связана в массе хлеба. При «старении» хлеба уксусная кислота может выделяться из мякиша.

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что в пробах белого хлеба с помощью массива наноструктурированных сенсоров фиксируется порча хлеба на ранних сроках хранения (3–4-е сут), когда органолептические изменения еще не явные.

Аналогичные исследования проведены с пробами образца хлеба Дарницкого. Изменения всех регистрируемых и расчетных параметров «электронного носа» идентичны пробам батона. Для прослеживаемости дополнительной информации о составе запаха хлеба и его изменении в процессе хранения усложнили алгоритм обработки данных сенсоров и проанализировали форму более информативных кинетических «визуальных отпечатков» сигналов сенсоров в РФФ над пробами (рисунок 3).

Таблица 3.

Параметр A_{ij} для белого хлеба и идентифицированные вещества

Table 3.

The A_{ij} parameter for white loaf and the identified substances

Сутки Days	А (S2/S3)		А (S3/S4)		Надежно идентифицируемые вещества Reliably identified substances
1	$0,95 \pm 0,20$ 0,8–1,2	Вода, уксусная кислота Water, acetic acid	$1,1 \pm 0,20$ 0,9–1,3	Вода, бутанол-1, МЭК, этилацетат, уксусная кислота	Вода, уксусная кислота Water, acetic acid
2	$1,1 \pm 0,20$ 0,9–1,33		$1,0 \pm 0,2$ 0,80–1,20		
3	$1,2 \pm 0,2$ 1,0–1,40		$0,9 \pm 0,2$ 0,7–1,1		
4	$0,80 \pm 0,20$ 0,60–1,0	Этилацетат, уксусная кислота Ethyl acetate, acetic acid, ketones	$1,3 \pm 0,2$ 1,1–1,5	Вода, МЭК, этилацетат Water, IEC, ethyl acetate	Вода, этилацетат, уксусная кислота, кетоны Water, ethyl acetate, acetic acid, ketones
5	$0,76 \pm 0,0$ 0,5–0,86	МЭК, этилацетат, следы уксусной кислоты IEC, ethyl acetate, acetic methylanine	$0,8 \pm 0,2$ 0,6–1,0	Вода, метиламин, уксусная кислота, этилацетат, МЭК Water, methylanine, acetic acid, ethyl acetate, MEK	МЭК, этилацетат, уксусная кислота, метиламин IEC, ethyl acetate, acetic methylanine

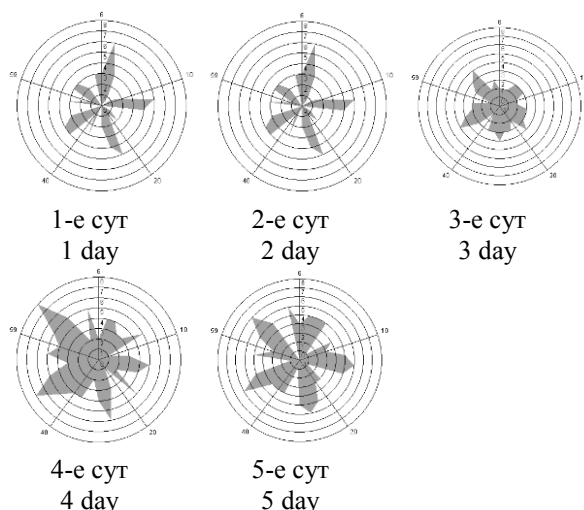


Рисунок 3. Кинетические «визуальные отпечатки» сигналов сенсоров в РГФ над пробами хлеба. По радиальной оси – сигналы сенсоров, ΔF_i , Гц, по круговой – время измерения, с

Figure 3. Kinetic "visual prints" of signals of sensors in EGP over tests of bread. On a radial axis – signals of sensors, ΔF_i , Hz, on circular – time of measurement, s

Установлено, что качественный химический состав хлеба стабилен в течение первых двух суток хранения, при этом наблюдается незначительная (до 25%) потеря содержания легколетучих соединений вследствие усыхания. Уже на 3-и сут, когда запах по органолептической оценке еще стабилен, фиксируется резкое изменение формы интегрального сигнала массива сенсоров, что отражает изменение качественного состава легко летучей фракции запаха. С увеличением продолжительности хранения как качественный, так и количественный химический состав изменяется значительно.

Для распознавания в хлебе отдельных классов соединений применены параметры идентификации A_{ij} . По всем показателям надежно детектируется накопление в пробах

спиртов – этанола и пропанола-2. Накопление спиртов на 4й день свидетельствует об устойчивой порче проб черного хлеба.

Изменения в черном хлебе в отличие от белого начинаются уже на 2-е сут мониторинга, значимые изменения детектируются на 4-е сут. На 5-е сут изменения глубокие, найдены маркеры деструкции белков (амины).

Заключение

Предлагаемый способ мониторинга над состоянием хлебобулочных изделий в процессе хранения с применением систем искусственного обоняния на высокочувствительных нановесах (пьезосенсоры) позволяет эффективнее других методов анализа, особенно органолептического, оценивать количественно изменения интенсивности запаха (аромата), идентифицировать отдельные биомолекулы продукта, как нативные, так и отражающие устойчивые изменения в пробе при хранении. Чувствительность и особенности хроматографов не позволяют за короткое время (не более 2 мин) без пробоподготовки (достаточно насыщение газовой фазы) получить информацию, идентичную информации «электронного носа». А замена сенсоров в массиве анализатора газов «МАГ-8» существенно расширяет возможности анализа. Разработанный подход установления изменений по форме кинетического «визуального отпечатка» сигналов сенсоров наиболее предпочтителен для незначительных изменений проб, в то время как идентификационные параметры A_{ij} и площадь фигуры ($S_{в.о.}$) отражают стабильные качественные и количественные изменения.

Благодарности

Работа выполнена в рамках гранта «У.М.Н.И.К-2017, г/к № 13142ГУ/2018».

Литература

- 1 Yu H., Dai X., Yao G. et al. Application of Gas Chromatography-Based Electronic Nose for Classification of Chinese Rice Wine by Wine AgeFood // *Anal. Methods*. 2014. V. 7. № 7. P. 1489–1497. doi: 10.1007/s12161-013-9778-2/
- 2 Gromski P.S., Correa E., Vaughan A.A. et al. A comparison of different chemometrics approaches for the robust classification of electronic nose data // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2014. V. 406. № 29. P. 7581–7590. doi: 10.1007/s00216-014-8216-7
- 3 Dong H., Han H.J., Kim K.H., Han K.-Y. et al. Effect of Various Light Emitting Diode Irradiation on Volatile Profiles of Perilla Oil Using Mass Spectrometry-Based Electronic Nose // *Food Sci. Biotechnol.* 2015. V. 24 (2). P. 481–487. doi: 10.1007/s10068-015-0063-6
- 4 Вернуть себе полноту чувств. URL: <http://www.psychologies.ru/articles/vernute-sebe-polnotu-chuvstv/>
- 5 Leland J.V., Scheiberle P., Buettner A., Acre.e T.E. Gas Chromatography-Olfactometry: The State of the Art (ACS Symposium Series) // *Sensors*. 2013. V. 13 (12). P. 16759–16800.
- 6 Kuchmenko T.A. Electronic nose based on nanoweights, expectation and reality // *Pure and Applied Chemistry The Scientific Journal of IUPAC*. 2017. doi: 10.1515/pac-2016-1108
- 7 Кучменко Т.А., Шуба А.А., Тюркин И.А., Битюкова В.В. Оценка состояния биологических проб по составу равновесной газовой фазы с применением мультисенсорной системы // *Журнал аналитической химии*. 2014. Т. 69. № 5. С. 534. doi: 10.7868/S0044450214050077

References

- 1 Yu H., Dai X., Yao G. et al. Application of Gas Chromatography-Based Electronic Nose for Classification of Chinese Rice Wine by Wine AgeFood. Anal. Methods. 2014. vol. 7. no. 7. pp. 1489–1497. doi: 10.1007/s12161-013-9778-2/
- 2 Gromski P.S., Correa E., Vaughan A.A. et al. A comparison of different chemometrics approaches for the robust classification of electronic nose data. Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2014. vol. 406. no. 29. pp. 7581–7590. doi: 10.1007/s00216-014-8216-7
- 3 Dong H., Han H.J., Kim K.H., Han K.-Y. et al. Effect of Various Light Emitting Diode Irradiation on Volatile Profiles of Perilla Oil Using Mass Spectrometry-Based Electronic Nose. Food Sci. Biotechnol. 2015. vol. 24 (2). pp. 481–487. doi: 10.1007/s10068-015-0063-6
- 4 To return itself completeness of feelings. Available at: <http://www.psychologies.ru/articles/vernute-sebe-polnotu-chuvstv/> (in Russian).
- 5 Leland J.V., Scheiberle P., Buettner A., Acre.e T.E. Gas Chromatography-Olfactometry: The State of the Art (ACS Symposium Series). Sensors. 2013. vol. 13 (12). pp. 16759–16800.
- 6 Kuchmenko T.A. Electronic nose based on nanoweights, expectation and reality. Pure and Applied Chemistry The Scientific Journal of IUPAC. 2017. doi: 10.1515/pac-2016-1108
- 7 Kuchmenko T.A., Shuba A.A., Tyurkin I.A., Bityukova V.V. Estimation of the State of Biological Samples by the Composition of the Headspace Using a Multisensor System. Journal of Analytical Chemistry. 2014. vol. 69. no. 5. pp. 485–494. doi: 10.7868/S0044450214050077 (in Russian).

Сведения об авторах

Татьяна А. Кучменко д.х.н., профессор, кафедра физической и аналитической химии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, Tak1907@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7812-9195>

Юлия Н. Босикова студент, кафедра физической и аналитической химии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, bosikovayuliya@mail.ru

Вклад авторов

Татьяна А. Кучменко консультация в ходе исследования

Юлия Н. Босикова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Tatyana A. Kuchmenko Dr. Sci. (Chem.), professor, physical and analytical chemistry department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, Tak1907@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7812-9195>

Julia N. Bosikova student, physical and analytical chemistry department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, bosikovayuliya@mail.ru

Contribution

Tatyana A. Kuchmenko consultation during the study

Julia N. Bosikova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 15/07/2019	После редакции 03/08/2019	Принята в печать 31/08/2019
Received 15/07/2019	Accepted in revised 03/08/2019	Accepted 31/08/2019

Исследование динамики ингибирования нативной микрофлоры овощной и грибной продукции под действием обработки релятивистскими электронами

Жанна А. Семенова	¹	zhanna.kalinina2011@ya.ru	
Наталья В. Илюхина	¹	inv63@mail.ru	
Анастасия Ю. Колоколова	¹	aykolokolova@ya.ru	 0000-0002-427-9587
Михаил Т. Левшенко	¹	lev-mika@ya.ru	 0000-0002-7667-797X
Мадинат Н. Курбанова	¹	sk5969@ya.ru	

¹ ВНИИ ТК – филиал ФГБНУ Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Школьная 78, г Видное, Россия

Аннотация. Процесс переработки и реализации свежей овощной и грибной продукции сопровождается высоким риском быстрой бактериологической порчи и, как следствие, небольшими сроками хранения. Поиск методов обработки легкоповреждаемых сортов растительного сырья является актуальной проблемой пищевой промышленности. Проведены исследования по изучению воздействия релятивистских электронов на установку мощностью 10 МэВ (компания «Теклеор») на динамику ингибирования нативной микрофлоры в процессе хранения нежных видов растительного сырья. В качестве объектов исследования были выбраны свежие грибы шампиньоны и свежая зелень шпината. Образцы продуктов фасовали массой 200 г в полимерные пакеты марки РА/РЕ. Хранение и транспортировку образцов осуществляли при температуре 8–10 °С. После обработки экспериментальных данных выявлена зона плато при обработке энергией пучка 1 кГр с дальнейшим снижением количества микроорганизмов при повышении дозы до 2 кГр. Исследования изменения динамики ингибирования начального количества микроорганизмов в грибной и зеленой продукции показали, что в составе микрофлоры грибной и зеленой продукции, присутствуют устойчивые виды микроорганизмов, для которых характерно присутствие зоны плато. Обработка шпината энергией пучка 1 и 2 кГр позволяет продлить сроки годности по сравнению с контрольными образцами с 5 до 12 и 15 сут. Обработка грибов шампиньонов энергией пучка энергией 2 кГр, несмотря на высокий начальный уровень обсемененности нативной микрофлорой, позволила сохранить верхний предел нормы ($1 \cdot 10^5$ КОЕ/г) микробиологической обсемененности до 5 сут.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, облучение, релятивистские электроны, свежие грибы, зелень, процесс хранения, микробиологические исследования, КМАФАнМ, нативная микрофлора, динамика ингибирования

Study of the dynamics of inhibition of native microflora of vegetable and mushroom products under the action of processing by relativistic electrons

Zhanna A. Semenova	¹	zhanna.kalinina2011@ya.ru	
Natalya V. Ilyuhina	¹	inv63@mail.ru	
Anastasiya Yu. Kolokolova	¹	aykolokolova@ya.ru	 0000-0002-427-9587
Michail T. Levshenko	¹	lev-mika@ya.ru	 0000-0002-7667-797X
Madinat N. Kurbanova	¹	sk5969@ya.ru	

¹ All-Russian Research Institute of Canning Technology – Branch of the Federal Research Center of Food Systems named after V.M. Gorbakov RAS

Abstract. The process of processing and selling fresh vegetable and mushroom products is accompanied by a high risk of rapid bacteriological damage and, as a consequence, short shelf life. The search for methods of processing lightly damaged varieties of plant materials is an urgent problem of the food industry. Studies have been carried out to study the effect of relativistic electrons on a 10 MeV facility (Tekleor company) on the dynamics of inhibition of native microflora during storage of delicate types of plant materials. Fresh mushroom champignons and fresh spinach greens were chosen as objects of study. Product samples were Packed weighing 200 g in plastic bags brand RA / PE. Storage and transportation of samples was carried out at a temperature of 8–10 °C. After processing the experimental data, a plateau zone was revealed during processing with a beam energy of 1 kGy with a further decrease in the number of microorganisms with an increase in dose to 2 kGy. Studies of changes in the dynamics of inhibition of the initial number of microorganisms in mushroom and green products showed that in the microflora of mushroom and green products, there are stable types of microorganisms that are characterized by the presence of a plateau zone. Processing spinach with a beam energy of 1 and 2 kGy allows extending the shelf life compared to control samples from 5 to 12 and 15 days. The treatment of champignon mushrooms with a beam energy of 2 kGy, despite the high initial level of seed contamination with native microflora, allowed us to maintain the upper limit of the norm ($1 \cdot 10^5$ CFU / g) of microbiological seed for up to 5 days.

Keywords: food safety, irradiation, relativistic electrons, fresh mushrooms, greens, storage process, microbiological studies, KMAFAnM, native microflora, inhibition dynamics

Для цитирования

Семенова Ж.А., Илюхина Н.В., Колоколова А.Ю., Левшенко М.Т., Курбанова М.Н. Исследование динамики ингибирования нативной микрофлоры овощной и грибной продукции под действием обработки релятивистскими электронами // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 132–136. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-132-136

For citation

Semenova Z.A., Ilyuhina N.V., Kolokolova A.Yu., Levshenko M.T., Kurbanova M.N. Study of the dynamics of inhibition of native microflora of vegetable and mushroom products under the action of processing by relativistic electrons. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 132–136. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-132-136

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Обеспечение продовольственной безопасности пищевой продукции является важнейшей задачей перерабатывающей промышленности. Технология переработки растительного сырья включает на начальных стадиях ряд механических воздействий, таких как мойка, обработка дезинфицирующими веществами, затем сырье используют для дальнейшей переработки или упаковывают и реализуют в качестве свежей продукции. Переработка любого вида сырья в процессе приготовления снижает питательную ценность, витамины, макро- и микроэлементы, в связи с этим свежая продукция более предпочтительна с точки зрения обеспечения полноценного питания населения страны.

Помимо всего в ассортименте растительной продукции имеются легкоповреждаемые виды сырья, которые по своей специфике не подвергаются никаким технологическим манипуляциям, кроме как упаковка, к ним относятся ягоды, грибы, зелень. Однако при реализации такой продукции сохраняется риск быстрой порчи и, как следствие, небольшие сроки хранения. Поиск методов обработки легкоповреждаемых сортов растительного сырья является актуальной проблемой [1–3, 9].

Обработка различных объектов с применением релятивистских электронов помогает эффективно бороться с бактериальным заражением. [4–5, 10]. Преимущество данного метода заключается в отсутствии повышенного температурного воздействия в процессе обработки; снижение концентраций антимикробных химических препаратов; возможность обработки упакованной продукции, исключающей повторную контаминацию; снижение механических воздействий на готовую продукцию [6].

Исследования по обработке пищевой продукции релятивистскими электронами достаточно давно ведутся в различных областях пищевой промышленности [7]. Центральной проблемой использования такой обработки является отсутствие полноценной базы знаний механизмов воздействия на растительную и микробиальную клетку. Отмечено, что максимальная доза обработки для легкоповреждаемых сортов растительной продукции является 3 кГр, однако уровень мощности установки не указывается [6]. Исследования [8] показывают, что эффективность по ингибированию микроорганизмов различается в зависимости от установки и энергии пучка.

Проведены исследования по изучению воздействия релятивистских электронов на установку мощностью 10 МэВ (компания «Теклеор») на динамику ингибирования нативной микрофлоры в процессе хранения легкоповреждаемых видов сырья.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования были выбраны грибы шампиньоны и свежая зелень шпината. Образцы продукта фасовали массой 200 г в полимерные пакеты марки РА/РЕ. Хранение и транспортировку образцов осуществляли при температуре 8–10 °С.

Обработку исследуемых образцов проводили на установке мощностью 10 МэВ, используя релятивистские электроны, при дозах 1 и 2 кГр.

Эффективность облучения находили путем определения количества остаточной микрофлоры в образцах, подвергшихся воздействию излучения с различной интенсивностью. Микробиологический анализ остаточной микрофлоры образцов проводили согласно действующей нормативной документации по определению количества мезофильно-аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов по ГОСТ 10444.15–95 «Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов». Обработку результатов, полученных на плотных питательных средах, проводили по ГОСТ ISO 7218–2011 «Общие требования и рекомендации по микробиологическим исследованиям».

При этом рассчитывали число микроорганизмов, присутствующих в пробе, как средневзвешенное значение из двух подсчетов последовательных разведений по следующей формуле:

$$N = \frac{\sum C}{V \cdot 1,1 \cdot d},$$

где N – число микроорганизмов, КОЕ/г; $\sum C$ – сумма колоний, подсчитанных на двух чашках, выбранных для подсчета из двух последовательных разведений; V – объем посевного материала, внесенного в каждую чашку, см³; d – коэффициент разведения, соответствующий первому выбранному разведению (если без разведения $d = 1$).

Результаты и обсуждение

Предварительные результаты исследований облученных продуктов [10–12] показали изменения в физико-химических и органолептических характеристиках сырья в процессе обработки образцов мощностью более 2 кГр. В связи с этим для исследования были выбраны дозы 1 и 2 кГр. Обработанные образцы были проанализированы на общее количество жизнеспособных микроорганизмов в контрольных и обработанных образцах. В результате микробиологических анализов получены динамики отклика изменения начального количества микроорганизмов в зависимости от энергии пучка (рисунок 1).

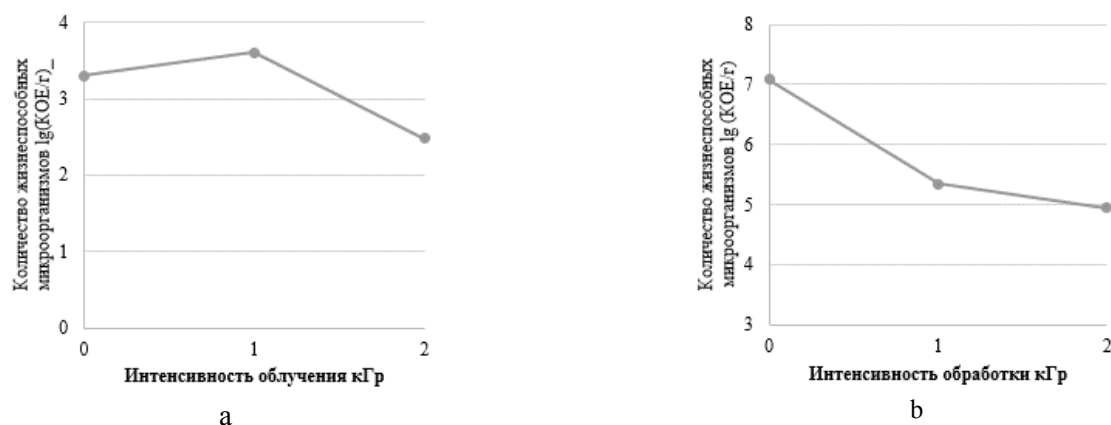


Рисунок 1. Динамика ингибирования жизнеспособных микроорганизмов при обработке ускоренными электронами шпината (a) и грибов (b)

Figure 1. The dynamics of inhibition of viable microorganisms during processing by accelerated electrons of spinach (a) and fungi (b)

Исследования показали различия по угнетению начальной обсемененности в овощной и грибной продукции при одинаковых энергиях пучка. После обработки экспериментальных данных в образцах шпината выявлена зона плато при обработке энергией пучка 1 кГр с дальнейшим снижением количества микроорганизмов при повышении дозы. Исследования изменения динамики ингибирования начального количества микроорганизмов в грибной и зеленой продукции имеют прямую взаимосвязь с исследованиями, проведенными на модельных

средах [8, 9, 13]. Полученные результаты показали, что в составе микрофлоры грибной и зеленой продукции есть устойчивые виды микроорганизмов, для которых характерно присутствие зоны плато. В связи с этим динамика ингибирования нативной микрофлоры имеет нелинейный характер [13, 14].

Получены динамики развития остаточной нативной микрофлоры в процессе хранения обработанных и контрольных образцов грибов и шпината (рисунок 2).

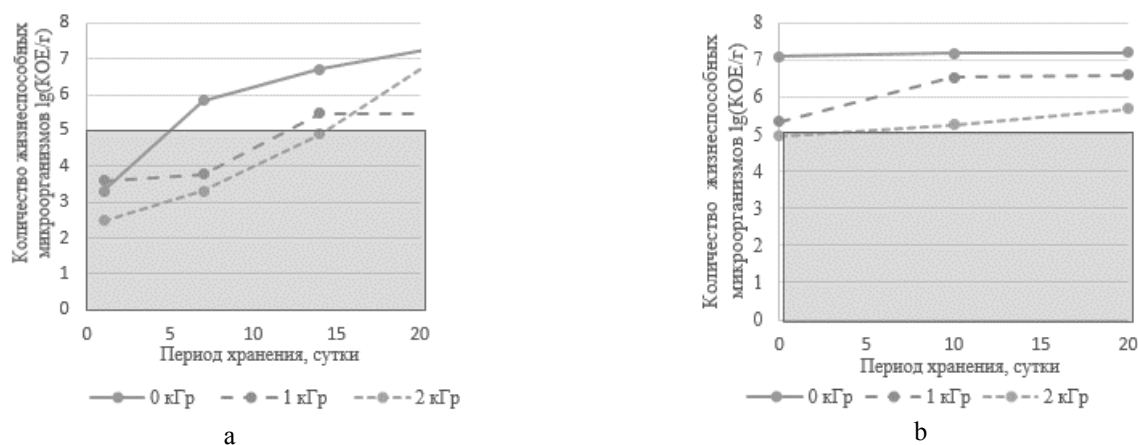


Рисунок 2. Количество жизнеспособных микроорганизмов в процессе хранения образцов шпината (a) и грибов (b), обработанных электронами

Figure 2. The number of viable microorganisms during storage of samples of spinach (a) and fungi (b), processed by electrons

Определены динамики развития контрольных и обработанных образцов в процессе хранения. Исследования нативной микрофлоры контрольных образцов грибов показали превышение допустимого предела, (допустимая концентрация микроорганизмов по показателю КМАФАнМ составляет $1 \cdot 10^5$) [15].

Обработка шпината дозой 1 и 2 кГр позволяет продлить сроки годности по сравнению с контрольными образцами с 5 до 12 и 15 сут.

Обработка грибов шампиньонов дозой 2 кГр, несмотря на высокий начальный уровень обсемененности нативной микрофлорой, позволила сохранить верхний предел нормы КМАФАнМ $1 \cdot 10^5$ КОЕ/г микробиологической обсемененности до 5 сут.

Заключение

Использование релятивистских электронов с целью обработки легкоповреждаемых видов овощной и грибной продукции является перспективным направлением, обеспечивающим безопасность упакованной продукции, дающим возможность снижения механического воздей-

ствия на сырье в процессе переработки и упаковки. Данный метод может использоваться не только для обработки упакованной свежей продукции, но и для подготовки сырья перед переработкой. Его использование позволит снизить риск обсемененности полуфабрикатов в процессе переработки и обеспечить высокий уровень качества готовой продукции.

Литература

- 1 Тимофеев В.Н., Васильева И.Г. Повышение эффективности хранения овощей на объектах общественного питания // Научно-технический вестник Поволжья. 2010. № 2. С. 162–166.
- 2 Першакова Т.В., Купин Г.А., Алешин В.Н., Горлов С.М. и др. Современные методы предотвращения микробиологической порчи и увеличения сроков хранения продукции растениеводства // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. № 9. С. 115–121.
- 3 Кунавин Г.А., Кузнецов Н.Н. Урожайность шпината в зависимости от технологии возделывания // Овощеводство и садоводство, Аграрный вестник Урала. 2013. № 4 (110). С. 53–55.
- 4 Будник С.В., Трофимов В.И., Шишкина Н.С., Белецкий С.Л. Перспективы технологий обработки ускоренными электронами растительного сырья // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. 2014. № 2. С. 70–79.
- 5 Козьмин Г.В., Санжарова Н.И., Кибина И.И., Павлов А.Н. и др. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности // Журнал: достижения науки и техники. 2015. Т. 29. № 5. С. 87–92.
- 6 Тимакова Р.Т., Тихонов С.Л., Тихонова Н.В., Байхожаева Б.У. Применение радиационных технологий при обработке пищевой продукции // Инновации в пищевой биотехнологии: сборник трудов Международного симпозиума. 2018. С. 249–252.
- 7 Farkas J., Mohachi-Farkas C. History and future of food irradiation // Sci. and Tech. 2011. V. 22. № 11. P. 121–126.
- 8 Илюхина Н.В., Колоколова А.Ю., Прокопенко А.В., Филипович В.П. Исследование эффективности облучения биологических объектов с применением пучка ускоренных электронов // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: Международной научно-практической конференции. 2018. С. 76–80.
- 9 Дулов М.И., Александрова Е.Г. Влияние различных видов упаковочных материалов и продолжительности хранения на изменение потребительских свойств и безопасность грибов шампиньона двуспорового // Инновационные технологии в пищевой промышленности: сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2016. С. 176–178.
- 10 Шишкина Н.С., Карастоянова О.В., Шаталова Н.И., Левшенко М.Т. и др. Эффективная комплексная технология хранения фруктов и овощей с применением ионизирующих излучений и модифицированного состава газовой среды // Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2018. С. 318–321.
- 11 Петров А.Н., Шишкина Н.С., Шаталова Н.И. Перспективные направления применения ионизирующих излучений для оптимизации технологии хранения и переработки плодоовощной продукции // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2018. С. 222–224.
- 12 Илюхина Н.В., Колоколова А.Ю. Закономерности ингибирования культуры Salmonella // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 4. С. 209–211.
- 13 Romero S.B., Knotek Z., Cizek A., Masarikova M. et al. The incidence and antibiotic resistance of Salmonella species isolated from cloacae of captive veiled chameleons // Acta Veterinaria Brno. 2015. V. 84. № 3. P. 209–213.
- 14 Spinali S., van Belkum A., Goering R.V., Girard V. Et al. Microbial typing by matrix-assisted laser desorption ionization–time of flight mass spectrometry: do we need guidance for data interpretation? // Journal of clinical microbiology. 2015. V. 53. № 3. P. 760–765.
- 15 ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции».
- 16 Попова Н.В., Сонавайн Ш., Абдуллина А.Р. Исследование влияния эффектов низкочастотного ультразвука на процессы сбраживания виноматериалов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2019. Т. 7. № 1. С. 79–88. doi: 10.14529/food190109

References

- 1 Timofeev V.N., Vasilieva I.G. Improving the efficiency of storing vegetables at public catering facilities. Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region. 2010. no. 2. pp. 162–166. (in Russian).
- 2 Pershakova T.V., Kupin G.A., Aleshin V.N., Gorlov S.M. et al. Modern methods of preventing microbiological spoilage and increase the shelf life of crop products. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2018. no. 9. pp. 115–121. (in Russian).
- 3 Kunavin G.A., Kuznetsov N.N. Yield of spinach, depending on the technology of cultivation. Vegetable and gardening, Agrarian Bulletin of the Urals. 2013. no. 4 (110). pp. 53–55. (in Russian).
- 4 Budnik S.V., Trofimov V.I., Shishkina N.S., Beletsky S.L. Prospects for processing technologies with accelerated electrons of plant materials. Innovative technologies for the production and storage of material assets for state needs. 2014. no. 2. pp. 70–79. (in Russian).
- 5 Kozmin G.V., Sanzharova N.I., Kibina I.I., Pavlov A.N. et al. Radiation technologies in agriculture and the food industry. Journal: advances in science and technology. 2015. vol. 29. no. 5. pp. 87–92.

- 6 Timakova R.T., Tikhonov S.L., Tikhonova N.V., Baykhozhaeva B.U. The use of radiation technology in the processing of food products. *Innovations in food biotechnology: proceedings of the International Symposium*. 2018. pp. 249–252. (in Russian).
- 7 Farkas J., Mohachi-Farkas C. History and future of food irradiation. *Sci. and Tech*. 2011. vol. 22. no. 11. pp. 121–126.
- 8 Ilyukhina N.V., Kolokolova A.Yu., Prokopenko A.V., Filipovich V.P. Investigation of the effectiveness of irradiation of biological objects using an accelerated electron beam. *Radiation technologies in agriculture and the food industry: state and prospects: International scientific and practical conference*. 2018. pp. 76–80. (in Russian).
- 9 Dulov M.I., Alexandrova E.G. The influence of various types of packaging materials and storage duration on changing consumer properties and the safety of mushrooms of dicotyledonous mushrooms. *Innovative technologies in the food industry: collection of articles of the III All-Russian scientific and practical conference with international participation*. 2016. pp. 176–178. (in Russian).
- 10 Shishkina N.S., Karastoyanova O.V., Shatalova N.I., Levshenko M.T. et al. Effective integrated technology for storing fruits and vegetables using ionizing radiation and a modified composition of the gaseous medium. *Collection of reports of the International Scientific and Practical Conference*. 2018. pp. 318–321. (in Russian).
- 11 Petrov A.N., Shishkina N.S., Shatalova N.I. Promising areas of application of ionizing radiation to optimize the technology of storage and processing of fruits and vegetables. *Radiation technologies in agriculture and the food industry: state and prospects: a collection of reports of the International Scientific and Practical Conference*. 2018. pp. 222–224. (in Russian).
- 12 Ilyukhina N.V., Kolokolova A.Yu. Patterns of Inhibition of Salmonella Culture. *Proceedings of VSUET*. 2018. vol. 80. no. 4. pp. 209–211. (in Russian).
- 13 Romero S.B., Knotek Z., Cizek A., Masarikova M. et al. The incidence and antibiotic resistance of Salmonella species isolated from cloacae of captive veiled chameleons. *Acta Veterinaria Brno*. 2015. vol. 84. no. 3. pp. 209–213.
- 14 Spinali S., van Belkum A., Goering R.V., Girard V. et al. Microbial typing by matrix-assisted laser desorption ionization–time of flight mass spectrometry: do we need guidance for data interpretation? *Journal of clinical microbiology*. 2015. vol. 53. no. 3. pp. 760–765.
- 15 TR TS 021/2011. Technical regulation of the Customs Union “On food safety”. (in Russian).
- 16 Popova N.V., Sonavayn S., Abdullina A.R. Investigation of the effects of low-frequency ultrasound on the processes of fermentation of wine materials. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnologies*. 2019. vol. 7. no. 1. pp. 79–88. doi: 10.14529/food190109 (in Russian).

Сведения об авторах

Жанна А. Семенова ВНИИ технологии консервирования – филиал ФГБНУ Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Школьная 78, г Видное, Россия, zhanna.kalinina2011@ya.ru

Наталья В. Илюхина к.х.н., ВНИИ технологии консервирования – филиал ФГБНУ Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Школьная 78, г Видное, Россия, inv63@mail.ru

Анастасия Ю. Колоколова к.т.н., ВНИИ технологии консервирования – филиал ФГБНУ Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Школьная 78, г Видное, Россия, aykolokolova@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-427-9587>

Михаил Т. Левшенко ВНИИ технологии консервирования – филиал ФГБНУ Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Школьная 78, г Видное, Россия, lev-mika@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7667-797X>

Мадина Н. Курбанова к.б.н., ВНИИ технологии консервирования – филиал ФГБНУ Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Школьная 78, г Видное, Россия, sk5969@ya.ru

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Zhanna A. Semenova All-Russian Research Institute of Canning Technology – Branch of FSBSI the Federal Research Center of Food Systems named after V.M. Gorbato RAS, st. Shkolnaya 78, Vidnoye, Russia, zhanna.kalinina2011@ya.ru

Natalya V. Ilyuhina Cand. Sci. (Chem.), All-Russian Research Institute of Canning Technology – Branch of FSBSI the Federal Research Center of Food Systems named after V.M. Gorbato RAS, st. Shkolnaya 78, Vidnoye, Russia, inv63@mail.ru

Anastasiya Yu. Kolokolova Cand. Sci. (Engin.), All-Russian Research Institute of Canning Technology – Branch of FSBSI the Federal Research Center of Food Systems named after V.M. Gorbato RAS, st. Shkolnaya 78, Vidnoye, Russia, aykolokolova@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-427-9587>

Michail T. Levshenko All-Russian Research Institute of Canning Technology – Branch of FSBSI the Federal Research Center of Food Systems named after V.M. Gorbato RAS, st. Shkolnaya 78, Vidnoye, Russia, lev-mika@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7667-797X>

Madinat N. Kurbanova Cand. Sci. (Biol.), All-Russian Research Institute of Canning Technology – Branch of FSBSI the Federal Research Center of Food Systems named after V.M. Gorbato RAS, st. Shkolnaya 78, Vidnoye, Russia, sk5969@ya.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.

Поступила 22/07/2019	После редакции 31/07/2019	Принята в печать 11/08/2019
Received 22/07/2019	Accepted in revised 31/07/2019	Accepted 11/08/2019

Влияние введения NaCl, сахарозы и пектина на восстановительные свойства овощных и фруктовых пюре

Владимир В. Кондратенко	¹	nauka@vniitek.ru	 0000-0002-0913-5644
Любовь К. Пацук	¹	pazuk2016@yandex.ru	 0000-0001-6395-5312
Татьяна Ю. Кондратенко	¹	ktatyana-19@mail.ru	 0000-0001-8237-0774
Татьяна В. Федосенко	¹	fedosenko0071@gmail.com	 0000-0002-7345-1799
Татьяна В. Нариниянц	¹	fedosenko0071@gmail.com	 0000-0002-7016-3310

¹ ВНИИТеК – филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Школьная, 78, г. Видное, М.О., 142703, Россия

Аннотация. Включение минорных компонентов в состав рецептуры гомогенных пищевых систем неизбежно должно приводить к некоторому смещению окислительно-восстановительного равновесия в условиях взаимодействия «всего со всем». Химическая природа компонентов в совокупности со свойствами элементов химического состава среды определяет направление и выраженность такого смещения. Но в силу многокомпонентности самой среды и малой исходной выраженности окислительно-восстановительных свойств добавляемых компонентов, прогнозирование результирующих свойств формируемой пищевой системы становится затруднительным. Цель работы – исследование закономерностей влияния нейтральных минорных компонентов на изменение окислительно-восстановительных свойств гомогенной консервной продукции из растительного сырья. В качестве объектов исследований взяты пюреобразные однокомпонентные натуральные консервы (пюре) из фруктового (яблоко, слива) и овощного (тыква, морковь) сырья. В качестве минорных компонентов использовали соль поваренную (NaCl), сахарозу и яблочный пектин. В готовой консервной продукции определяли активную кислотность (pH) и окислительно-восстановительный потенциал (Eh), на основании значений которых рассчитывали показатель восстановительной способности (RH). При проведении исследований установлено отсутствие статистически значимого влияния NaCl на окислительно-восстановительные свойства исследованных пищевых систем; установлено наличие статистически значимого влияния сахарозы на показатель восстановительной способности гомогенной консервной продукции (пюре) из слив (в интервале до 18%) и моркови (в интервале до 10%); установлено, что внесение пектина в состав фруктовых и овощных пюре не оказывает статистически значимого влияния на показатель восстановительной способности продукта, за исключением пюре из косточковых фруктов, для которых отмечено общее свойство разового ступенчатого, но статистически значимого увеличения RH при массовой доле минорного компонента 0,61-0,62%. Для выяснения механизма подобного отклика необходимо проведение дополнительного комплекса целевых исследований.

Ключевые слова: показатель восстановительной способности, консервная продукция, фруктовое пюре, овощное пюре, поваренная соль, сахароза, пектин

Effect of NaCl, sucrose and pectin addition on the reductive properties of vegetable and fruit puree

Vladimir V. Kondratenko	¹	nauka@vniitek.ru	 0000-0002-0913-5644
Lubov K. Patsuk	¹	pazuk2016@yandex.ru	 0000-0001-6395-5312
Tatyana Yu. Kondratenko	¹	ktatyana-19@mail.ru	 0000-0001-8237-0774
Tatyana V. Fedosenko	¹	fedosenko0071@gmail.com	 0000-0002-7345-1799
Tatyana V. Nariniyants	¹	fedosenko0071@gmail.com	 0000-0002-7016-3310

¹ VNIITEK – Branch of Gorbato Research Center for Food Systems at RAS, Scholnaya Str., 78, Vidnoye, M.R., 142703, Russia

Abstract. Inclusion of minor components in the formulation of homogeneous food systems should inevitably result in some shift of redox equilibrium under conditions of interaction as "all with all." Chemical nature of components combined with properties of elements of medium chemical composition should determine direction and expression of such displacement. But due to the multicomponent nature of the medium itself and the small initial expression of redox properties for the added components, predicting the resulting properties of the formed food system becomes difficult. The aim of the work was to study the regularities of the influence of neutral minor components on the change of redox properties of homogeneous canned products from vegetable raw materials. Puree-shaped single-component natural canning products (puree) from fruit (apples, plum) and vegetable (pumpkin, carrots) raw materials are taken as research objects. Table salt (NaCl), sucrose and apple pectin were used as minor components. In the obtained canned product, active acidity (pH) and redox potential (Eh) were determined, and the reducing power index (RH) value was calculated. The studies showed that there was no statistically significant effect of NaCl on the redox properties of the food systems studied. There was a statistically significant effect of sucrose on the reducing power index of homogeneous canned puree from plums (in the range up to 18%) and carrots (in the range up to 10%). It has been found that inclusion of pectin in the composition of fruit and vegetable puree does not have a statistically significant effect on the reducing capacity of the product, except for stone fruit puree, for which there was statistically significant single step increase of RH within a weight fraction value of the minor component as 0.61-0.62%. In order to determine the mechanism of such a response, it is necessary to carry out an additional set of targeted studies.

Keywords: reducing power index, canned products, fruit puree, vegetable puree, salt, sucrose, pectin

Для цитирования

Кондратенко В.В., Пацук Л.К., Кондратенко Т.Ю., Федосенко Т.В., Нариниянц Т.В. Влияние введения NaCl, сахарозы и пектина на восстановительные свойства овощных и фруктовых пюре // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 137–144. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-137-144

For citation

Kondratenko V.V., Patsuk L.K., Kondratenko T.Yu., Fedosenko T.V., Nariniyants T.V. Effect of NaCl, sucrose and pectin addition on the reductive properties of vegetable and fruit puree. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 137–144. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-137-144

Введение

Проектирование рецептур пищевых продуктов с учётом механизмов формирования их окислительно-восстановительных свойств представляет интерес на фоне непрерывно ухудшающейся экологической обстановки, увеличения техногенного прессинга на окружающую среду и включения ксенобиотиков техногенной природы в систему круговоротов и пищевых цепей является одним из важных элементов сохранения и профилактики здоровья людей. Наряду с вопросами, связанными с изменением количественных и качественных показателей пищевых продуктов в комбинаторике с входящими в исходные ингредиенты химическими составляющими, их изменения в ходе реализации механических и теплообменных процессов – элементов технологической переработки, – а также процессов, происходящих при дальнейшем хранении, не менее актуальным является вопрос о влиянии минорных компонентов рецептур на изменение окислительно-восстановительных свойств всего продукта [1–3]. Без ответа на данный вопрос невозможно построение полноценной методологии конструирования пищевых продуктов, предусматривающей комплексное решение задачи проектирования рецептуры с учётом всех значащих факторов и их влияния на конечные свойства не только в отношении наличия и соотношения нутрицевтиков и пищевых волокон, но и в отношении создания пищевых систем с гарантированным ингибированием окислительных процессов.

К минорным компонентам относятся пряности, пищевые добавки и др. В силу сложности состава пряностей, а также высокой вариативности технологий их производства на первом этапе целесообразно рассмотреть сравнительно простые и распространённые компоненты – сахарозу, поваренную соль, лимонную кислоту (как представителя пищевых кислот), пектиновые вещества, а также наиболее распространённый антиоксидант – аскорбиновую кислоту.

Поваренная соль – NaCl – один из наиболее распространённых в мире минорных компонентов пищевых продуктов. В химическом плане представляет соль сильной кислоты и сильного основания. Поэтому в растворах диссоциирует практически полностью на катионы Na^+ и анионы Cl^- . В таком состоянии (в чистом однокомпонентном водном растворе) непосредственно окислительных и восстановительных свойств не проявляет. Тем не менее, как отмечают авторы [4], катионы Na^+ при взаимодействии с полисахаридами, имеющими функциональные группы, позволяющие проявлять антиоксидантные (восстановительные) свойства, могут оказывать на последние стабилизирующее и, в отдельных

случаях, усиливающее действие. Однако при этом выраженность и характер влияния находится в тесной зависимости от анионной составляющей. В работе [4] показано, что в сочетании Na^+ с Cl^- активность первого сходит на «нет». Однако, если в сложной многокомпонентной системе, коей является пищевой продукт, будут присутствовать химические составляющие, частично или полностью блокирующие активность анионов Cl^- , то, потенциально, поваренная соль может оказывать некоторое влияние на окислительно-восстановительные свойства пищевых систем, что косвенно подтверждают авторы [5].

Сахароза является одним из распространённых вспомогательных (минорных) компонентов пищевых продуктов. Это природный полисахарид, синтезируемый некоторыми видами растений (сахарная свёкла, сахарный тростник и др.), молекула которого включает в себя два углеводных остатка – глюкозы и фруктозы, – соединённых гликозидной связью, образованной полуацетальными гликозидными группами обоих моносахаридов [6, 7], вследствие чего по природе своей окислительно-восстановительными свойствами не обладает. Однако в кислой среде при повышенной температуре гидролизует с образованием в равных мольных соотношениях молекул глюкозы и фруктозы, которые, в свою очередь, могут проявлять восстановительные свойства. Таким образом, внесение сахарозы в состав пищевого продукта может приводить к некоторому изменению его окислительно-восстановительных свойств.

Пектин – биополимер углеводной природы, основным структурным компонентом которого являются остатки $\alpha\text{-D}(+)$ – галактуроновой кислоты, каждый из которых несёт карбоксильную группу [8]. Полимерная молекулярная цепь пектина имеет сложную структуру.

В нативном виде карбоксильные группы пектина могут находиться как в свободном состоянии, проявляя при этом кислотные свойства, так и в амидированном (при этом частичный заряд группы меняется на противоположный вследствие механизма донорно-акцепторной связи амидного азота по неподелённой электронной паре), а также в этерифицированном метанолом (метоксилированном) [8], при котором заряд кислотной группы инактивируется вследствие образования сложноэфирной связи.

В составе пищевых продуктов его используют в качестве эмульгатора, стабилизатора, желеобразующего агента. Находит широкое применение в функциональном и специализированном питании как энтеросорбент, способный селективно связывать катионы тяжёлых металлов и радионуклидов и выводить их из организма.

Некоторые авторы указывают на антираковую активность пектиновых веществ [9]. В отношении антиоксидантных свойств имеет место полярность мнений разных групп исследователей. Одни [10], ссылаясь на [11], указывают на снижение стабильности аскорбиновой кислоты в присутствии пектина. В то же время другие [12] говорят о наличии у пектина выраженных антиоксидантных свойств.

Принимая во внимание изложенные выше материалы, были сформулированы следующие цели и задачи настоящей работы.

Цель работы – исследовать закономерности влияния минорных компонентов на изменение окислительно-восстановительных свойств гомогенной консервной продукции из растительного сырья.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- исследовать закономерности изменения показателя восстановительной способности в зависимости от массовой доли вносимых минорных компонентов (NaCl, сахароза, лимонная и аскорбиновая кислоты, пектин);

- определить значения массовых долей минорных компонентов, при которых изменения показателя восстановительной способности статистически значимы. Установить направленность изменения.

Материалы и методы

В качестве объектов исследований были взяты:

- пюреобразные мономпонентные натуральные консервы (далее – пюре) из фруктового (яблоко, слива) и овощного (тыква, морковь) сырья, изготовленные на технологическом оборудовании технологического стенда лаборатории консервирования института в соответствии с типовой технологической схемой для натуральных пюреобразных продуктов из соответствующего сырья;

- в качестве минорных компонентов использовали соль поваренную (NaCl), сахарозу и яблочный пектин.

В готовой консервной продукции определяли активную кислотность (pH) по [13], а также – окислительно-восстановительный потенциал (Eh) по [14]. Показатель восстановительной способности (RH) рассчитывали по оригинальной методике [1–3].

При проведении исследований использовано общедоступное лабораторное оборудование – цифровые pH-метры Эксперт-001–01, укомплектованные комбинированным одноключевым электродом ЭСП 10605/7 и лабораторным комбинированным редокс-электродом ЭРП-105.

Математическую обработку и моделирование проводили с использованием табличного процессора Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corporation) с установленными надстройками «Анализ данных»,

«Поиск решения» и «Подбор параметра», а также специализированного программного обеспечения – TableCurve 2D v. 5.01 (SYSTAT Software Inc.).

До начала математической обработки отсеивали статистически ненадежные экспериментальные данные в повторностях по существующим методикам [15, 16].

Аппроксимацию экспериментальных данных осуществляли при следующих параметрах опции «TableCurve 2D Fitting Controls» программы TableCurve 2D v. 5.01:

- процедура линейной аппроксимации – сингулярным разложением (Singular Value Decomposition);

- уровень робастности (устойчивости) нелинейной аппроксимации – высокий (Pearson VII Lim), с минимизацией по натуральному логарифму квадратного корня из (1 + остаток в квадрате).

Результаты и обсуждение

На основании массива данных, полученного в ходе проведения исследований влияния массовой доли NaCl на показатель восстановительной способности фруктовых и овощных пюре, были определены математические зависимости, адекватно аппроксимирующие результаты экспериментов:

- для пюре из яблок

$$RH = (a - b) \cdot \exp(-c \cdot \omega_{NaCl}) + b,$$

где RH – показатель восстановительной способности, ед.; ω_{NaCl} – массовая доля NaCl, %; a , b и c – коэффициенты;

- для пюре из моркови

$$RH = a + b \cdot \exp \left[-\exp \left(-\frac{\omega_{NaCl} - c}{d} \right) - \frac{\omega_{NaCl} - c}{d} + 1 \right]$$

где d – коэффициент;

- для пюре из тыквы

$$RH = \sqrt{\frac{a + c \cdot \omega_{NaCl}^2}{a + b \cdot \omega_{NaCl}^2}}.$$

Значения констант и коэффициентов полученных зависимостей приведены в таблице 1.

Несмотря на адекватную аппроксимацию средних значений экспериментальных данных по повторностям, сравнительный анализ полученных зависимостей показал практически полное отсутствие влияния массовой доли минорного компонента на функцию отклика в пределах погрешности полученных значений (рисунок 1).

Таблица 1.
Параметры математического описания влияния
NaCl на пюре из яблок, моркови и тыквы

Table 1.
Parameters of mathematical description for influence
of NaCl to apple, carrot and pumpkin puree

Пюре Puree	Константа и коэффициенты Constant and coefficients			
	a	b	c	d
Яблоко Apple	8.868	7.739	8.184	—
Морковь Carrot	9.984	-2.926	0.191	0.149
Тыква Pumpkin	113.579	2.616	473.079	—

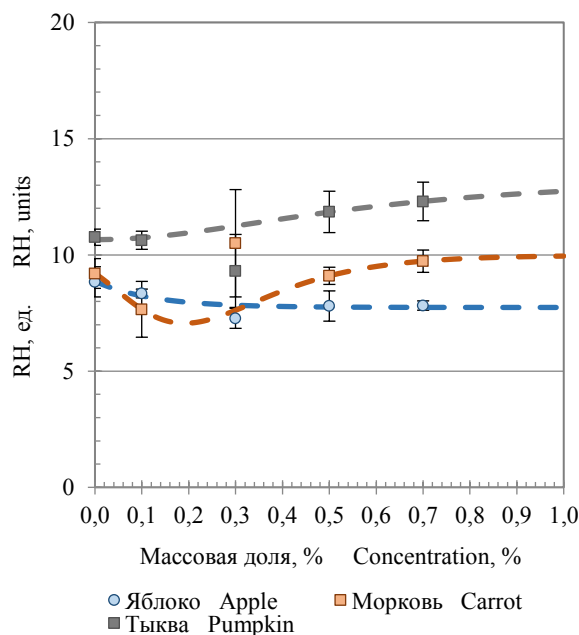


Рисунок 1. Влияние NaCl на показатель восстановительной способности фруктовых и овощных пюре

Figure 1. Effect of NaCl on the reducing power index of fruit and vegetable puree

Имело место некоторое уменьшение целевого показателя при малых значениях массовой доли NaCl в отношении пюре из моркови с дальнейшим возвратом к первоначальному значению. Однако, предположительно, данная флуктуация представляет собой статистический артефакт и не может быть принята во внимание.

Полученные результаты косвенно указывают на отсутствие в исследованных пищевых системах химических компонентов, имеющих конкурентное сродство к моновалентным катионам металлов, либо — анионам галогенов.

При добавлении в пищевые системы сахарозы было отмечено наличие некоторой динамики целевого показателя в зависимости от массовой доли минорного компонента.

Были определены математические зависимости, адекватно аппроксимирующие экспериментальные данные влияния сахарозы на показатель восстановительной способности фруктовых и овощных пюре:

— для пюре из яблок

$$RH = \frac{1}{2} \cdot a \cdot \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{\omega_{\text{sugar}} - b}{c \cdot \sqrt{2}} \right) \right]$$

где ω_{sugar} — массовая доля сахарозы, %;

— для пюре из сливы

$$RH = a + \frac{4 \cdot b \cdot \omega_{\text{sugar}}^{-d-1} \cdot c^{d+1} \cdot d^2}{(d-1 + \omega_{\text{sugar}}^{-d} \cdot c^d \cdot d^{d+1})^2};$$

— для пюре из моркови

$$RH = a + \frac{b}{1 + \exp \left(-\frac{\omega_{\text{sugar}} - c}{d} \right)}.$$

Значения констант и коэффициентов полученных зависимостей приведены в таблице 2.

Анализ полученных зависимостей показал, что сахароза в качестве минорного компонента оказывает статистически значимое влияние на показатель восстановительной способности при внесении в рецептуру морковного и сливового пюре (рисунок 2). Причём в случае с морковным пюре зависимость носит одноступенчатый сигмоидальный характер с переходом в сторону увеличения при увеличении массовой доли минорного компонента. Тогда как в случае со сливой первоначальное увеличение достигает своего максимума при значении массовой доли сахарозы 9% с последующим монотонным снижением практически до исходного значения. В то же время изменение целевого показателя при внесении сахарозы в яблочное пюре характеризуется как статистически незначительное на всей экспериментально заданной области определения независимого показателя.

Таблица 2.
Параметры математического описания влияния
сахарозы на пюре из яблок, слив и моркови

Table 2.
Parameters of mathematical description for
influence of sucrose to apple, plum and carrot puree

Пюре Puree	Константа и коэффициенты Constant and coefficients			
	a	b	c	d
Яблоко Apple	10.931	-9.095	10.379	—
Слива Plum	8.840	4.607	8.890	2.315
Тыква Pumpkin	9.169	2.492	10.000	2.283

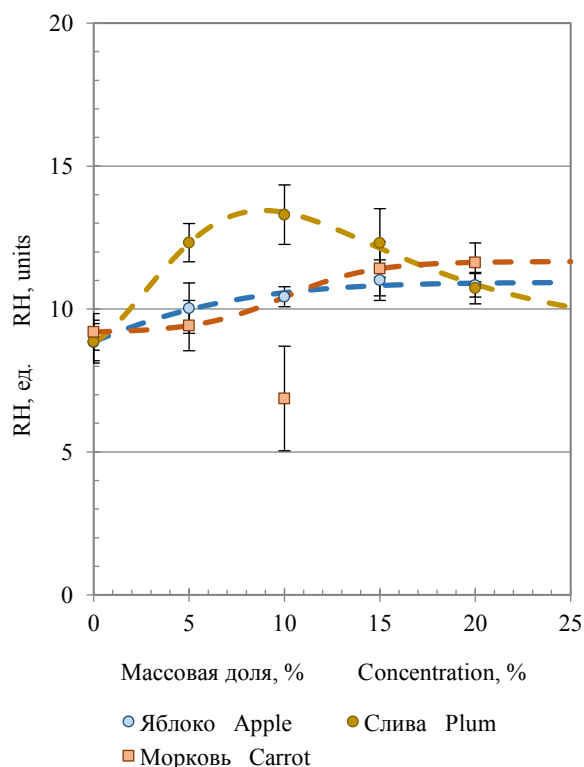


Рисунок 2. Влияние сахарозы на показатель восстановительной способности фруктовых и овощных пюре

Figure 2. Effect of sucrose on the reducing power index of fruit and vegetable puree

При этом особенностью сахарозы как компонента окислительно-восстановительной системы является практически полная её индифферентность к участию в целевых процессах в силу отсутствия гликозидного гидроксила в молекуле, вследствие чего циклическая форма не может раскрываться и переходить в альдегидную. Последнее характерно для моносахаридов и гипотетически могло бы иметь место вследствие инверсии сахарозы до редуцирующих углеводов. Однако в этом случае, при прочих равных условиях, одновременно имела бы место и некоторая зависимость целевого показателя от активной кислотности среды в сторону увеличения от слабокислой тыквы к кислым яблокам, чего, однако, не наблюдалось. В этой связи для выяснения механизма подобного отклика необходимо проведение дополнительного комплекса исследований.

При добавлении пектина ожидаемо изменялись реологические свойства пищевых систем. Для определения влияния яблочного пектина на показатель восстановительной способности фруктовых и овощных пюре были определены математические зависимости, адекватно аппроксимирующие экспериментальные данные:

— для пюре из яблок

$$RH = \frac{a + c \cdot \omega_{pect}^2}{1 + b \cdot \omega_{pect}^2 + d \cdot \omega_{pect}^4},$$

где ω_{pect} – массовая доля яблочного пектина, %;

— для пюре из слив

$$RH = a + b \cdot \exp \left[-\exp \left(-\frac{\omega_{pect}}{d} + \frac{d \cdot \ln [\ln (2)] + c}{d} \right) \right],$$

— для пюре из моркови

$$RH = (a - b) \cdot \exp(-c \cdot \omega_{pect}) + b,$$

— для пюре из тыквы

$$RH = \frac{a + c \cdot \omega_{pect}^2}{1 + b \cdot \omega_{pect}^2},$$

Значения констант и коэффициентов полученных зависимостей приведены в таблице 3.

На основании анализа полученных зависимостей установлена особенность влияния пектина на показатель восстановительной способности пюреобразных пищевых систем (рисунок 3). Практически для всех исследованных видов сырья как само внесение данного минорного компонента, так и дальнейшее увеличение его массовой доли в продукте практически не оказывало сколько-нибудь статистически существенного влияния на целевой показатель.

Таблица 3.

Параметры математического описания влияния яблочного пектина на пюре из яблок, слив, моркови и тыквы

Table 3.

Parameters of mathematical description for influence of apple pectin to apple, plum, carrot and pumpkin puree

Пюре Puree	Константа и коэффициенты Constant and coefficients			
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
Яблоко Apple	8.840	2165.28	21234.8	20.201
Слива Plum	8.766	2.559	0.581	0.190
Морковь Carrot	9.196	9.751	2.654	–
Тыква Pumpkin	10.760	1.794	22.318	–

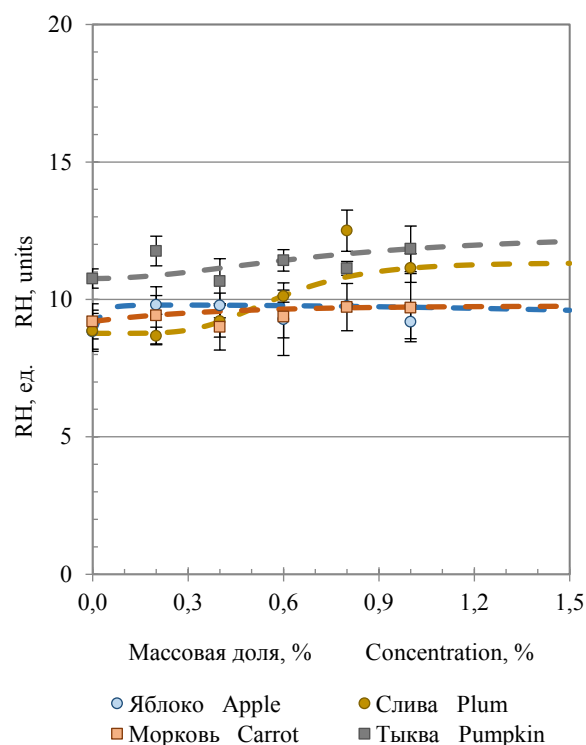


Рисунок 3. Влияние яблочного пектина на показатель восстановительной способности фруктовых и овощных пюре

Figure 3. Effect of apple pectin on the reducing power index of fruit and vegetable puree

Исключение составил вариант со сливовым пюре, где отмечено небольшое, но статистически значимое однократное ступенчатое увеличение показателя восстановительной способности с переходом, соответствующим массовой доле пектиновых веществ 0,61–0,62%, что хорошо согласуется с результатами [17] о влиянии вносимых полигликанов, получаемых из свекловичного жома, на восстановительную способность фруктовых пюре. Тогда в качестве среды выступало персиковое пюре. Вероятно,

это особенность влияния пектиновых веществ на показатель восстановительной способности характерна для пюреобразных продуктов на основе косточковых фруктов.

Причём вид пектина (точнее – сырья, из которого он был получен), предположительно, существенного значения не имеет. Для получения однозначного ответа необходим дальнейший набор статистики.

Закключение

При проведении исследований были получены следующие результаты:

- установлено отсутствие статистически значимого влияния NaCl на окислительно-восстановительные свойства исследованных пищевых систем;

- установлено наличие статистически значимого влияния сахарозы на показатель восстановительной способности пюре из слив и моркови. В первом случае динамика целевого показателя имеет место до достижения массовой доли компонента в продукте 18%, тогда как во втором – 10%. Для выяснения механизма подобного отклика необходимо проведение дополнительного комплекса целевых исследований;

- внесение пектина в состав фруктовых и овощных пюре не оказывает статистически значимого влияния на показатель восстановительной способности продукта за исключением пюре из косточковых фруктов, для которых отмечено общее свойство разового ступенчатого, но статистически значимого увеличения RH при массовой доле компонента 0,61–0,62%.

Для определения численных значений долей участия исследованных минорных компонентов в совокупности с химическими составляющими сырья в формировании динамики показателя восстановительной способности необходим набор дополнительной статистики.

Литература

- 1 Кондратенко В.В., Костылёв А.С., Пацок Л.К., Федосенко Т.В. и др. Особенности формирования восстановительного потенциала гомогенных фруктовых и овощных продуктов в процессе производства // Научные труды СКФНЦСВВ. 2018. Т.21. С. 196–202.
- 2 Костылёв А.С., Аникина А.М., Кондратенко В.В., Кондратенко Т.Ю. и др. Особенности формирования восстановительных свойств натуральных многокомпонентных продуктов из плодоовощного сырья // Современные подходы к получению и переработке сельскохозяйственной продукции – гарантия продовольственной независимости России: материалы международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов отделения сельскохозяйственных наук Российской академии наук. 2016. С. 173–180.
- 3 Костылёв А.С., Кондратенко В.В. Особенности формирования восстановительного потенциала натуральных многокомпонентных пюреобразных продуктов питания из растительного сырья // Пищевые системы: теория, методология, практика: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов отделения сельскохозяйственных наук Российской академии наук. 2017. С. 167–174.
- 4 Burg A., Oshrat L.O. Salt Effect on the Antioxidant Activity of Red Microalgal Sulfated Pjkysacharides in Soy-Dean Formula // Mar. Drugs. 2015. V. 13. P. 6425–6439.
- 5 Tunieva E.K., Kotenkova E.A. The study on effect of sodium chloride on the antioxidant activity of meet // Foods and raw Mathetials. 2017. V. 5. № 2. P. 105–111.

- 6 Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А. и др. Пищевая химия; 6-е изд., стер. под ред. А.П. Нечаева. СПб.: ГИОРД, 2015. 672 с.
- 7 Werner W. Le Sucre. URL: <https://tice.ac-montpellier.fr/ABCDORGA/Famille/Produit/LESUCRE.html>
- 8 Mohnen D. Pectin structure and biosynthesis // Current Opinion in Plant Biology. 2008. V. 11. P. 266–277.
- 9 Leclerc L., Van Cutsem P., Michiels C. Anti-cancer activities of pH – or heat-modified pectin. Front. Pharmacol. 2013. V. 4. doi: 10.3389/fphar.2013.00128
- 10 Инюкина Т.А., Горб С.С., Класнер Г.Г. Конструирование напитков для лечебно-профилактического питания работников // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2016. Т. 1. № 3. С. 201–209.
- 11 Носов А.М. Лекарственные растения Краснодарского края. Краснодар: Советская Кубань, 1997. 352 с.
- 12 Донченко Л.В., Фирсов Г.Г. Пектин: основные свойства, производство и применение. Москва: ДеЛи принт, 2007. 276 с.
- 13 Fernandes A.G., dos Santos G.M., da Silva D.S., de Sousa P.H.M. et al. Chemical and physicochemical characteristics changes during passion fruit juice processing // Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas. 2011. V. 31. № 3. P.747–751.
- 14 Кондратенко В.В., Костылев А.С., Кондратенко Т.Ю., Пацюк Л.К. и др. Исследование динамики показателя восстановительного потенциала гомогенных фруктовых консервов в процессе хранения // Новые технологии. 2018. № 4. С. 43–55.
- 15 Руськина А.А., Попова Н.В., Руськин Д.В. Модификация крахмала с помощью ультразвукового воздействия как инструмент изменения его технологических характеристик // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2018. Т. 6. № 1. С. 69-76. doi: 10.14529/food180108
- 16 Seltman Y.J. Experimental Design and Analysis. 2014. 414 p.
- 17 Царёва М.А., Кондратенко В.В., Кондратенко Т.Ю., Давыдова А.Ю. и др. О влиянии пектина на реологические характеристики и восстановительную способность фруктового пюре // Новые технологии. 2018. № 4. С. 85–95.

References

- 1 Kondratenko V.V., Kostilyov A.S., Patsuk L.K., Fedosenko T.V., Nariniyants T.V. Peculiarities of formation the recovery potential of homogeneous fruit and vegetable products during production. Scientific works of SKFNTSSVV. 2018. vol. 21. pp. 196–202. (in Russian).
- 2 Kostilyov A.S., Anikina A.M., Kondratenko V.V., Kondratenko T.Yu. et al. Peculiarities of formation the reducing properties of natural multicomponent products from fruit and vegetable raw materials. Modern Approaches to Obtaining and Processing of Agricultural Products – Guarantee of Food Independence of Russia: Materials of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists of the Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences. Moscow, 2016. pp. 173–180. (in Russian).
- 3 Kostilyov A.S., Kondratenko V.V. Peculiarities of formation the reducing potential of natural multicomponent puree food products from vegetable raw materials. Food systems: theory, methodology, practice: Materials of the XI International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists of the Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences. Moscow, 2017. pp. 167–174. (in Russian).
- 4 Burg A., Oshrat L.O. Salt Effect on the Antioxidant Activity of Red Microalgal Sulfated Pjkysacharides in Soy-Dean Formula. Mar. Drugs. 2015. vol. 13. pp. 6425–6439.
- 5 Tunieva E.K., Kotenkova E.A. The study on effect of sodium chloride on the antioxidant activity of meet. Foods and raw Mathetials. 2017. vol. 5. no. 2. pp. 105–111.
- 6 Nechaev A.P., Trautenberg S.E., Kochetkova A.A. et al. Food chemistry. St. Petersburg, GIORД, 2015. 672 p. (in Russian).
- 7 Werner W. Le Sucre. Available at: <https://tice.ac-montpellier.fr/ABCDORGA/Famille/Produit/LESUCRE.html>
- 8 Mohnen D. Pectin structure and biosynthesis. Current Opinion in Plant Biology. 2008. vol. 11. pp. 266–277.
- 9 Leclerc L., Van Cutsem P., Michiels C. Anti-cancer activities of pH – or heat-modified pectin. Front. Pharmacol. 2013. vol. 4. doi: 10.3389/fphar.2013.00128
- 10 Inyukina T.A., Gorb S.S., Klasner G.G. Design of beverages for medical and preventive nutrition of employees. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2016. vol. 1. no. 3. pp. 201–209. (in Russian).
- 11 Nosov A.M. Medicinal Plants of Krasnodar Area. Krasnodar, Sovetskaya Kuban', 1997. 352 p. (in Russian).
- 12 Donchenko L.V., Firsov G.G. Pectin: basic properties, production and application. Moscow, DeLi print, 2007. 276 p. (in Russian).
- 13 Fernandes A.G., dos Santos G.M., da Silva D.S., de Sousa P.H.M. et al. Chemical and physicochemical characteristics changes during passion fruit juice processing. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas. 2011. vol. 31. no. 3. pp.747–751.
- 14 Kondratenko V.V., Kostilyov A.S., Kondratenko T.Yu., Patsuk L.K. et al. Study of the dynamics for the recovery potential index of homogeneous fruit preserves during storage. New Technologies. 2018. vol. 4. pp. 43–55. (in Russian).
- 15 Ruskina A.A., Popova N.V., Ruskin D.V. Modification of starch using ultrasonic treatment as a tool for changing its technological characteristics. Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnologies. 2018. vol. 6. no. 1. pp. 69–76. doi: 10.14529/food180108 (in Russian).
- 16 Seltman Y.J. Experimental Design and Analysis. 2014. 414 p.
- 17 Tsaryova M.A., Kondratenko V.V., Kondratenko T.Yu., Davydova A.Yu. et al. On the Influence of Pectin on Rheological Characteristics and Restorative Ability of Fruit Puree. New Technologies. vol. 4. pp. 85–95. (in Russian).

Сведения об авторах

Владимир В. Кондратенко к.т.н., доцент, зам. директора по научной работе, ВНИИТеК – филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Школьная, 78, г. Видное, МО, 142703, Россия, nauka@vniitek.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0913-5644>

Любовь К. Пацюк ведущий научный сотрудник, Лаборатория технологии консервирования, ВНИИТеК – филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Школьная, 78, г. Видное, МО, 142703, Россия, pazuk2016@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6395-5312>

Татьяна Ю. Кондратенко научный сотрудник, Лаборатория технологии консервирования, ВНИИТеК – филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Школьная, 78, г. Видное, МО, 142703, Россия, ktatyana-19@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8237-0774>

Татьяна В. Федосенко аспирант, лаборатория технологии консервирования, ВНИИТеК – филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Школьная, 78, г. Видное, МО, 142703, Россия, fedosenko0071@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-7345-1799>

Татьяна В. Нариньянц научный сотрудник, лаборатория технологии консервирования, ВНИИТеК – филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Школьная, 78, г. Видное, МО, 142703, Россия, fedosenko0071@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-7016-3310>

Вклад авторов

Владимир В. Кондратенко консультация в ходе исследования

Любовь К. Пацюк обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

Татьяна Ю. Кондратенко написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Татьяна В. Федосенко обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

Татьяна В. Нариньянц предложила методику проведения эксперимента

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Vladimir V. Kondratenko Cand. Sci. (Engin.), associate professor, deputy director for research, Russian Research Institute of Canning Technology – branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, Scholnaya Str., 78, Vidnoye, M.R., 142703, Russia, nauka@vniitek.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0913-5644>

Lubov K. Patsuk senior researcher, laboratory of canning technology, Russian Research Institute of Canning Technology – branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, Scholnaya Str., 78, Vidnoye, M.R., 142703, Russia, pazuk2016@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6395-5312>

Tatyana Yu. Kondratenko researcher, laboratory of canning technology, Russian Research Institute of Canning Technology – branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, Scholnaya Str., 78, Vidnoye, M.R., 142703, Russia, ktatyana-19@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8237-0774>

Tatyana V. Fedosenko graduate student, junior researcher, laboratory of canning technology, Russian Research Institute of Canning Technology – branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, Scholnaya Str., 78, Vidnoye, M.R., 142703, Russia, fedosenko0071@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-7345-1799>

Tatyana V. Nariniyants researcher, laboratory of canning technology, Russian Research Institute of Canning Technology – branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of RAS, Scholnaya Str., 78, Vidnoye, M.R., 142703, Russia, fedosenko0071@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-7016-3310>

Contribution

Vladimir V. Kondratenko consultation during the study

Lubov K. Patsuk review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Tatyana Yu. Kondratenko wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Tatyana V. Fedosenko review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Tatyana V. Nariniyants proposed a scheme of the experiment and organized production trials

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 22/07/2019	После редакции 02/08/2019	Принята в печать 12/08/2019
Received 22/07/2019	Accepted in revised 02/08/2019	Accepted 12/08/2019

Изучение влияния воздействия высокочастотной акустической кавитации на качество молока-сырья и молочных продуктов на его основе

Ксения А. Канина ¹	kseniya.kanina.91@mail.ru	 0000-0002-8833-4915
Ольга Н. Красуля ¹	okrasulya@mail.ru	 0000-0002-6234
Николай А. Жижин ²	zhizhinmoloko@mail.ru	 0000-0002-6690-0488
Елена С. Семенова ²	semenovamoloko@mail.ru	

¹ Российский Государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127550, Россия

² ВНИИ молочной промышленности, ул. Люсиновская, 35/7, г. Москва, 115093, Россия

Аннотация. Приведены результаты исследований, полученных при изучении качества молока, обработанного с применением высокочастотной акустической кавитации, и молочных продуктов, выработанных с его использованием. Исследования выполнялись с применением общенаучных и специальных методов исследований в лаборатории кафедры технологии хранения и переработки продуктов животноводства РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева и в аккредитованной лабораторией технохимического контроля ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности». Показано, что при обработке коровьего молока-сырья высокочастотными ультразвуковыми колебаниями (свыше 45 кГц), генерируемыми электрическим ультразвуковым прибором погружного типа импульсного воздействия УЗО «Активатор-150», количество бактерий группы кишечной палочки (БГКП) снизилось почти на 40%, что позволяет сделать вывод о целесообразности выбранного способа воздействия для уничтожения микроорганизмов группы кишечной палочки и колиформных бактерий. Обработанное с применением высокочастотной акустической кавитации коровье молоко использовалось для производства рассольного сыра – брынзы. Показано, что брынза обладает высокой пищевой ценностью, которая обусловлена сохранением эссенциальных веществ в сырье (в частности, кальция, который при производстве брынзы выпадает в осадок, если используется пастеризованное молоко), упругой консистенцией, безопасностью потребительских характеристик - микробиологических и физико-химических.

Ключевые слова: коровье молоко, акустическая кавитация, микробиологический фон, качественные характеристики молока, сыр брынза, показатели безопасности сыра-брынзы

Study of the effect of high-frequency acoustic cavitation on the quality of raw milk and dairy products based on it

Ksenia A. Kanina ¹	kseniya.kanina.91@mail.ru	 0000-0002-8833-4915
Olga N. Krasulya ¹	okrasulya@mail.ru	 0000-0002-6234
Nikolay A. Zhizhin ²	zhizhinmoloko@mail.ru	 0000-0002-6690-0488
Elena S. Semenova ²	semenovamoloko@mail.ru	

¹ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev agricultural Academy, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127550, Russia

² All-Russian Research Institute of Dairy Industry, lyusinovskaya str., 35/7, Moscow, 115093, Russia

Abstract. The article presents the results of studies obtained in the study of the quality of milk processed with the use of high-frequency acoustic cavitation and dairy products produced with its use. The research was carried out with the use of General scientific and special research methods in the laboratory of the Department of technology of storage and processing of animal products of the K. A. Timiryazev and in the accredited laboratory of technochemical control of the all-Russian research Institute of dairy industry. It is shown that the treatment of cow's milk-raw materials high-frequency ultrasonic vibrations (above 45 kHz), the generated electric ultrasonic device immersion type pulse impact ouzo "Activator-150", the number of bacteria of group of intestinal sticks (coliforms) decreased by almost 40%, which allows to make a conclusion about the appropriateness of the selected method of exposure for the destruction of microorganisms *E. coli* and coliform bacteria. Processed, using high-frequency acoustic cavitation, cow's milk was used for the production of brine cheese-cheese. It is shown that cheese cheese had a high nutritional value, which is due to the preservation of essential substances in the raw material (in particular, calcium, which in the production of cheese cheese precipitates if pasteurized milk is used), elastic consistency, safety of consumer characteristics - microbiological and physico-chemical.

Keywords: cow's milk, acoustic cavitation, microbiological background, qualitative characteristics of milk, cheese cheese, safety cheese-cheese

Для цитирования

Канина К.А., Красуля О.Н., Жижин Н.А., Семенова Е.С. Изучение влияния воздействия высокочастотной акустической кавитации на качество молока-сырья и молочных продуктов на его основе // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 145–150. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-145-150

For citation

Kanina K.A., Krasulya O.N., Zhizhin N.A., Semenova E.S. Study of the effect of high-frequency acoustic cavitation on the quality of raw milk and dairy products based on it. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 145–150. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-145-150

Введение

В настоящее время для получения качественных и безопасных молочных продуктов используют множество различных методов обработки молока-сырья: пастеризация, стерилизация, ультрапастеризация, а также кавитация, обработка озоном, электромагнитным излучением и т. д., в оценке эффективности которых решающую роль играет уменьшение степени бактериальной обсемененности молока-сырья и сохранение биологической ценности продукта [16].

Наиболее распространенным методом обработки молока-сырья в России является пастеризация и стерилизация. Однако эти способы являются энергоемкими, требуют определенного аппаратного оформления и соответствующих площадей. В качестве альтернативы вышеназванным способам в зарубежной практике используются акустические и электромагнитные методы обработки восстановленного молока и молочной сыворотки [14, 18, 19]. В доступных источниках информации практически отсутствуют сведения о влиянии высокочастотной акустической обработки на качество и безопасность цельного коровьего молока, а также о возможности его использования при выработке молочных продуктов.

Учитывая вышеизложенное, изучение влияния обработки молока-сырья с применением физико-химических методов – высокочастотной акустической обработки – является актуальным научным направлением.

Цель работы – изучение влияния высокочастотной акустической кавитации на коровье молоко-сырье для достижения определенного пастеризационного эффекта с последующим его использованием при производстве молочных продуктов.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования использовали коровье молоко, полученное от черно-пестрой породы коров. Обработку молока проводили с учетом воздействия бактерицидной фазы. Полученное молоко после доения для прохождения бактерицидной фазы хранили при температуре в диапазоне 0 до +2 °С в течение 2–3 ч, а затем осуществляли высокочастотное акустическое воздействие.

В качестве высокочастотного генератора ультразвуковых колебаний использовали ультразвуковой прибор погружного типа импульсного воздействия УЗО «Активатор-150» (рисунк 1).

Для оценки качественных характеристик молока и молочных продуктов применялись следующие методы:

- определение массовой доли жира – ГОСТ 5867–90;
- определение массовой доли белка – ГОСТ 23327–98;

- определение плотности молока – ГОСТ 3625–84
- определение кислотности молока, °Т – ГОСТ 3624–92;
- определение массовой доли влаги – ГОСТ 3626–73.
- определение термоустойчивости молока – по ГОСТ 25228–82;

• определение жирнокислотного состава молока и молочных продуктов проводилось в соответствии с ГОСТ 32915–2014 «Молоко и молочная продукция» методом высокоэффективной газожидкостной хроматографии;

Органолептическая оценка проводилась в соответствии с ГОСТ 33630–2015. Определение афлатоксина М1 проводилось в соответствии с ГОСТ 33601–2015.

Микробиологические показатели:

- общее количество мезофильных анаэробных и факультативно-анаэробных определялось по ГОСТ 32901–2014 [3];
- бактерии группы кишечной палочки – в соответствии с ГОСТ 32901–2014;
- споры мезофильных аэробных микроорганизмов при 30 °С в 1 см³ – согласно ГОСТ 32901–2014.

Определение сычужной свертываемости проводили по сычужно-броидильной пробе ГОСТ 32901–2014; Определение токсичных элементов осуществлялось в соответствии с ГОСТ Р 30178–96. Определение антибиотиков осуществлялось с помощью иммуноферментного анализа с хемилюминесцентной детекцией с использованием технологии биочипов на приборе фирмы Randox [20, 21].

Результаты и обсуждение

Результаты исследования показывают, что при обработке высокочастотными ультразвуковыми колебаниями (свыше 45 кГц), генерируемыми электрическим ультразвуковым прибором погружного типа импульсного воздействия УЗО «Активатор-150», количество бактерий группы кишечной палочки (БГКП) снизилось почти на 40%, что позволяет сделать вывод об эффективности выбранного способа воздействия для уничтожения санитарно-патогенной (показательной) микрофлоры в молоке-сырье и достижения определенного пастеризационного эффекта. Проведена оценка качественных характеристик брынзы, полученной из коровьего молока, подвергнутого воздействию высокочастотной акустической кавитации (таблица 1). Технологическая схема производства брынзы с применением технологии акустической кавитации предусматривает операцию «высокочастотная кавитационная обработка молока (объем 20 000 см³) с применением прибора УЗО «Активатор-150» при мощности воздействия не менее 1,5–2,0 кВт. Время воздействия составляет от 30 до 60 мин в зависимости от общей бактериальной обсемененности молока (ККТ – критическая контрольная точка). Взамен

операции «пастеризация» предложено осуществлять термизацию молока при температуре 60–65 °С, в течение 25–30 мин (ККТ-критическая контрольная точка).

Результаты пробы коровьего молока, подвергнутого воздействию высокочастотной акустической кавитации, на сыропригодность свидетельствуют, что предварительная обработка молока-сырья не оказывает негативного влияния на качество сгустка; сгусток имеет ровную поверхность, с достаточно большим уровнем синерезиса и его можно отнести к первому классу по сыропригодности.

Известно, что пастеризация является энергоемким процессом и требует больших площадей для ее осуществления [15]. Применение высокочастотной акустической кавитации на стадии обработки молока-сырья позволяет в дальнейшем при термизации значительно уменьшить тепловую нагрузку на сырье и, тем самым, сохранить его высокую биологическую ценность и, кроме того, сэкономить значительное

количество электроэнергии, т. е. способствовать энергосбережению.

Согласно работе [15] при пастеризации молока кальций, важный компонент для образования сырного сгустка, выпадает в осадок, что приводит к ослаблению его упругости. При высокочастотном кавитационном воздействии на молоко-сырье, по-видимому, этот процесс не происходит, так как сформированный сырный сгусток (опыт) обладает упругой консистенции (рисунки 1, 2), в отличие от сырного сгустка, полученного из пастеризованного молока (контроль). При этом не происходит заметного изменения (в сторону ухудшения) физико-химических и органолептических показателей опытного образца сыра по сравнению с контролем (таблица 1), что позволяет сделать вывод о технологической целесообразности применения высокочастотной кавитационной обработки молока-сырья при производстве рассольного сыра – брынзы.

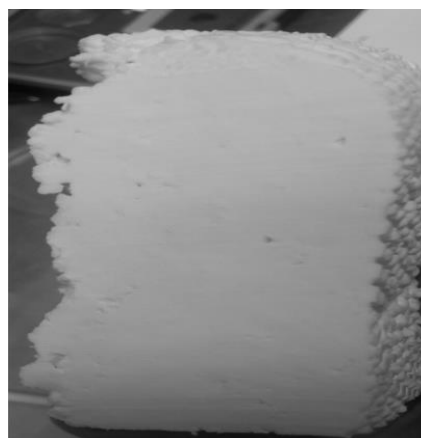


Рисунок 1. Процесс вымешивания сырного серна; снизу – в разрезе брынза после прессования

Figure 1. Process of kneading cheese chamois; bottom – in the section cheese after pressing



Рисунок 2. Процесс образования сгустка рассольного сыра – брынзы: сверху – из молока, подвергнутого высокочастотной кавитационной обработке; снизу – вид сгустка из пастеризованного молока в разрезе

Figure 2. Process of formation of a clot of brine cheese: from above – from milk subjected to high-frequency cavitation treatment; from below – view of a clot of pasteurized milk in the section

Таблица 1.

Физико-химические показатели брынзы, полученной из коровьего молока, подвергнутого воздействию высокочастотной акустической кавитации

Table 1.

Physical and chemical parameters of brine cheese obtained from cow's milk exposed to high-frequency acoustic cavitation

Показатель, % Indicator, %	Контроль (без обработки) Control	Опыт (с применением высокочастотной акустической кавитации) Experiment
Массовая доля жира Mass fraction of fat	22,70 ± 0,20	21,8 ± 0,20
Массовая доля жира в сухом веществе Mass fraction of fat in dry matter	50,57 ± 0,36	51,32 ± 0,25
Массовая доля влаги Moisture content	55,11 ± 0,20	55,11 ± 0,15
Массовая доля сухих веществ Mass fraction of solids	44,89 ± 0,17	45,2 ± 0,13
Массовая доля влаги в обезжиренном веществе Mass fraction of moisture in a fat-free substance	71,29 ± 0,2	70,2 ± 0,20
Массовая доля белка Mass fraction of protein	18,06 ± 0,19	19,05 ± 0,10

При оценке микробиологических показателей брынзы были обнаружены бактерии группы кишечной палочки в контрольном образце, а в обработанном молоке с применением высокочастотной акустической кавитации этой группы микроорганизмов не обнаружено, что свидетельствует об эффективности предложенного метода обработки.

При исследовании жирнокислотного состава брынзы (таблица 2) установлено, что опытный и контрольный образцы имели идентичный состав, из чего можно сделать вывод, что высокочастотная ультразвуковая кавитация не имеет негативного влияния на липидный профиль продукта.

Таблица 2.

Жирнокислотный состав брынзы, полученной с применением высокочастотной кавитационной обработки коровьего молока, % от общего содержания жирных кислот

Table 2.

Fatty Acid composition of cheese obtained with the use of high-frequency cavitation treatment of cow's milk, % of total fatty acids

Показатель Indicator	Образцы Samples	
	Контроль (без обработки) Control	Опыт (с применение высокочастотной акустической кавитации) Experiment
Насыщенные: Saturated:	70,93 ± 4,32	71,3 ± 3,20
масляная butyric	3,01 ± 0,02	2,99 ± 0,05
капроновая caproic	2,78 ± 0,03	2,69 ± 0,06
каприловая caprylic	1,62 ± 0,20	1,57 ± 0,14
Ненасыщенные Unsaturated	29,07 ± 1,30	27,29 ± 1,2
Мононенасыщенные: Monounsaturated:	24,63 ± 0,14	23,97 ± 0,28
олеиновая oleic	18,05 ± 0,18	17,54 ± 0,24
Полиненасыщенные: Polyunsaturated:	4,44 ± 1,30	4,42 ± 1,20
линолевая linoleic	3,37 ± 0,02	3,32 ± 0,01
линоленовая linolenic	0,37 ± 0,03	0,34 ± 0,02
арахидоновая arachidonic	0,019 ± 0,04	0,016 ± 0,01

Результаты органолептической оценки свидетельствуют, что контрольные и опытные образцы брынзы не имели видимых пороков, на поверхности имелись небольшие углубления, вкус у контрольного образца – в меру соленый и кисловатый, у опытного образца – более соленый, что, по-видимому, связано с повышенной растворяющей способностью обработанного молока, поэтому для получения заданной степени солености брынзы количество соли должно быть уменьшено на 10–15%. Таким образом, можно повысить степень экологичности продукта и придать ему функциональную направленность, так как известно,

что между потреблением соли и уровнем кровяного давления у человека существует линейная зависимость [15]. У образцов сыров присутствовала однородная консистенция, они имели белый цвет, характерный для молока (рисунок 1).

Согласно ТР ТС 033/2013 г сыр по показателям качества должен отвечать требованиям безопасности [17]. Установлено, что по показателям безопасности образцы брынзы из коровьего молока, подвергнутого высокочастотной кавитационной обработке, соответствовали требуемым значениям нормируемых показателей (таблица 3).

Таблица 3.

Показатели безопасности брынзы при использовании высокочастотной кавитационной обработки молока-сырья

Table 3.

Safety Indicators of cheese when using high-frequency cavitation processing of raw milk

Показатель Indicator	Контроль (без обработки) Control	Опыт (с применением высокочастотной кавитационной обработки) Experiment
<i>Токсичные элементы Toxic</i>		
Pb	< 0,2	< 0,2
As	< 0,15	< 0,15
Cd	< 0,1	< 0,1
Hg	< 0,03	< 0,03
<i>Пестициды (в пересчете на жир) Pesticides (in terms of fat)</i>		
Гексахлорциклогексан (α -, β -, γ -изомеры) Hexachlorocyclohexane (α -, β -, γ -isomers)	< 0,6	< 0,6
ДДТ и его метаболиты DDT and its metabolites	< 0,2	< 0,2
<i>Антибиотики* Antibiotics *</i>		
Левомецетин (хлорамфеникол) Levomecetin (chloramphenicol)	< 0,0003	< 0,0003
Тетрациклиновая группа Tetracycline group	< 0,01	< 0,01
Пенициллины Penicillins	< 0,004	< 0,004
Стрептомицин Streptomycin	< 0,2	< 0,2
<i>Микотоксины Mycotoxins</i>		
Афлатоксин M ₁ Aflatoxin M ₁	< 0,0005	< 0,0005

Результаты исследования показали целесообразность применения высокочастотной акустической кавитации при производстве рассольного сыра – брынзы. Обработка позволяет уменьшить бактериальную обсемененность молока при этом исключить операцию пастеризации, заменив ее на термизацию. Проведенное экспериментальное исследование доказало эффективность разработанного метода обработки молока, что позволило разработать нормативную документацию ТУ и ТИ 10.51.40–001–02068634–2019 «Сыр рассольный «Брынза» с применением высокочастотной кавитационной обработки молока.

Заключение

Результаты комплексной оценки качества брынзы, выработанной из молока, подвергнутого высокочастотной кавитационной обработке и термизации (без применения операции «пастеризация»), свидетельствуют о ее высоких потребительских характеристиках, безопасности – микробиологической и физико-химической, экономической целесообразности (выход опытного образца по сравнению с контрольным на 1,5–2,0% выше).

Литература

- 1 Галстян А.Г. Развитие научных основ и практические решения совершенствования технологий, повышение качества и расширение ассортимента молочных консервов: автореф. дисс. д. тех. н. М., 2009. 50 с.
- 2 Горбатова К.К. Биохимия молока и молочных продуктов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 2004. 344 с.
- 3 Потороко И.Ю. Научное обоснование и практические аспекты формирования потребительских свойств молочных продуктов, полученных из сырья на территориях техногенного загрязнения: автореф. дисс. д. тех. н. М., 2012. 47 с.
- 4 Потешкин Н.Г. Потребление соли, артериальная гипертензия и риск развития сосудочно-сердечных заболеваний // Российский кардиологический журнал. 2011. № 7. С.87–95.
- 5 Тепел А. Химия и физика молока. СПб.: Профессия, 2012. 832 с.
- 6 Технический регламент на молоко и молочную продукцию: Федеральный закон № 88-ФЗ от 12.06.2008.
- 7 Тихомирова Н.А., Эль Могази А.Х., Красуля О.Н. и др. Кавитация; энергосбережение в производстве восстановленных молочных продуктов // Переработка молока. 2011. № 7. С. 14–16.
- 8 Денисова Н.В., Шуварин М.В., Шуварина Н.А. Основные методические подходы к формированию цены на молоко-сырье // Вестник НГИЭИ. 2017. № 8 (75). С. 73–79.
- 9 Юрова Е.А., Мельденберг Д.Н., Жижин Н.А. Внедрение в лабораторную практику современных методов контроля антибиотиков и остатков ветеринарных лекарственных средств // Молочная промышленность. 2019. № 1. С. 30–32.
- 10 Юрова Е.А., Мельденберг Д.Н., Жижин Н.А. Распределение остаточного количества антибиотиков по ходу технологического процесса // Молочная промышленность. 2019. № 2. С. 26–29.
- 11 Leong T.S.H., Zhou M., Zhou D., Ashokkumar M. et al. The formation of double emulsions in skim milk using minimal food-grade emulsifiers – A comparison between ultrasonic and high pressure homogenisation efficiencies // Journal of Food Engineering. 2017. V. 219. P. 81–92. doi:10.1016/j.jfoodeng.2017.09.018

- 12 Barbosa-Cánovas G.V., Ortega-Rivas E., Juliano P., Yan H. Food Powders: Physical Properties, Processing, and Functionality. Food Engineering Series. Kluwer Academic. Plenum Publishers: Springer, 2005. 368 p.
- 13 Ryabyi V.A., Savinov V.P., Yakunin V.G. Obtaining uniform glow plasma of Capacitive discharge in the area of plasma processing of the substrate // Bulletin of Kazan technological University. 2011. P. 36–40.

References

- 1 Galstyan A.G. Development of scientific foundations and practical solutions for improving technology, improving the quality and expanding the range of canned milk. Moscow, 2009. 50 p. (in Russian).
- 2 Gorbatova K.K. Biochemistry of milk and dairy products. Moscow, Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 2004. 344 p. (in Russian).
- 3 Potoroko I.Yu. Scientifically substantiated and practical aspects of the formation of consumer properties of dairy products obtained from raw materials in the territorial territories of technogenic pollution. Moscow, 2012. 47 p. (in Russian).
- 4 Poteshkin N.G. Salt intake, arterial hypertension and the risk of developing cardiovascular diseases. Russian Coordination Journal. 2011. no. 7. pp. 87–95. (in Russian).
- 5 Tepel A. Chemistry and physics of milk. St. Petersburg, Professiya, 2012. 832 p. (in Russian).
- 6 Technical regulations for milk and dairy products: Federal Law No. 88-FZ of 12.06.2008. (in Russian).
- 7 Tikhomirova N.A., El Mogazi A.Kh., Krasulya O.N. et al. Cavitation; energy saving in the production of reconstituted dairy products. Milk processing. 2011. no. 7. pp. 14–16. (in Russian).
- 8 Denisova N.V., Shuvarin M.V., Shuvarina N.A. The main methodological approaches to the formation of prices for raw milk. Bulletin NGIEI. 2017. no. 8 (75). pp. 73–79. (in Russian).
- 9 Yurova E.A., Meldenberg D.N., Zhizhin N.A. The introduction into the laboratory of modern methods of control of antibiotics and residues of veterinary medicines. Dairy industry. 2019. no. 1. pp. 30–32. (in Russian).
- 10 Yurova E.A., Meldenberg D.N., Zhizhin N.A. The distribution of the residual amount of antibiotics during the process. Dairy industry. 2019. no. 2. pp. 26–29. (in Russian).
- 11 Leong T.S.H., Zhou M., Zhou D., Ashokkumar M. et al. The formation of double emulsions in skim milk using minimal food-grade emulsifiers – A comparison between ultrasonic and high pressure homogenisation efficiencies. Journal of Food Engineering. 2017. vol. 219. pp. 81–92. doi:10.1016/j.jfoodeng.2017.09.018
- 12 Barbosa-Cánovas G.V., Ortega-Rivas E., Juliano P., Yan H. Food Powders: Physical Properties, Processing, and Functionality. Food Engineering Series. Kluwer Academic. Plenum Publishers: Springer, 2005. 368 p.
- 13 Ryabyi V.A., Savinov V.P., Yakunin V.G. Obtaining uniform glow plasma of Capacitive discharge in the area of plasma processing of the substrate. Bulletin of Kazan technological University. 2011. pp. 36–40.

Сведения об авторах

Ксения А. Канина аспирант, кафедра технологии хранения и переработки продуктов животноводства, Российский Государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127550, Россия, kseniya.kanina.91@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8833-4915>

Ольга Н. Красуля д.т.н., профессор, кафедра технологии хранения и переработки продуктов животноводства, Российский Государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127550, Россия, okrasulya@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6234-9609>

Николай А. Жижин научный сотрудник, ВНИИ молочной промышленности, ул. Люсиновская, 35/7, г. Москва, 115093, Россия, zhizhinmoloko@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6690-0488>

Елена С. Семенова младший научный сотрудник, ВНИИ молочной промышленности, ул. Люсиновская, 35/7, г. Москва, 115093, Россия, semenovamoloko@mail.ru

Вклад авторов

Ксения А. Канина написала рукопись, корректировал её до подачи в редакцию, несет ответственность за плагиат

Ольга Н. Красуля предложила методику проведения

Николай А. Жижин консультация в ходе исследования

Елена С. Семенова обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Information about authors

Ksenia A. Kanina graduate student, technology of storage and processing of animal products department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127550, Russia, kseniya.kanina.91@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8833-4915>

Olga N. Krasulya Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of storage and processing of animal products department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, 127550, Russia, okrasulya@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6234-9609>

Nikolay A. Zhizhin researcher, All-Russian Research Institute of Dairy Industry, lyusinovskaya str., 35/7, Moscow, 115093, Russia, zhizhinmoloko@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6690-0488>

Elena S. Semenova junior researcher, All-Russian Research Institute of Dairy Industry, lyusinovskaya str., 35/7, Moscow, 115093, Russia, semenovamoloko@mail.ru

Contribution

Ksenia A. Kanina she wrote the manuscript, corrected it before submitting to the editor, is responsible for plagiarism

Olga N. Krasulya proposed a scheme of the experiment

Nikolay A. Zhizhin consultation during the study

Elena S. Semenova review of the literature on an investigated problem

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 02/08/2019	После редакции 16/08/2019	Принята в печать 31/08/2019
Received 02/08/2019	Accepted in revised 16/08/2019	Accepted 31/08/2019

Научно обоснованные критерии производства шоколадных полуфабрикатов с использованием фруктово-овощных порошков

Наталия В. Линовская ¹	choclab@mail.ru	 0000-0002-9238-8991
Элла В. Мазукабзова ¹	choclab@mail.ru	 0000-0002-2884-6767
Оксана С. Руденко ¹	oxana0910@mail.ru	 0000-0003-2436-4100

¹ ВНИИ кондитерской промышленности, ул. Электрозаводская, 20, стр. 3, г. Москва, 107023, Россия

Аннотация. Шоколадная глазурь состоит в основном из сахара (50%) и жира (35%) и является высококалорийным полуфабрикатом с большим содержанием простых углеводов. Стандарт на глазурь предоставляет возможность производства шоколадной глазури с фруктовыми и овощными компонентами, что позволяет снизить содержание простых углеводов. Изучены и обоснованы критерии производства шоколадных глазури с различным содержанием фруктовых и овощных порошков. Анализ реологических показателей шоколадных полуфабрикатов показал, что введение фруктово-овощного порошка взамен части сахара приводит к значительному изменению характера реологического поведения полуфабриката. Предел текучести возрастает с 3,4 до 12,6 Па по мере увеличения доли фруктово-овощного порошка в рецептуре. С целью определения влияния способа производства на изменения предела текучести фруктово-овощной шоколадной глазури провели серию опытов. Установили, что при постоянном содержании фруктово-овощного порошка (11%), температуре, времени обработки и машинном обеспечении полученные шоколадные глазури отличались по своим реологическим характеристикам. Выявили, что наибольшего снижения предела текучести фруктово-овощных шоколадных глазури в процессе производства можно достичь посредством поэтапного измельчения рецептурных компонентов в шариковой мельнице и дополнительного введения эмульгатора PGPR на стадии конширования. Качество шоколадных полуфабрикатов зависит не только от реологических показателей, но и от кристаллизационных свойств. Выработанные шоколадные глазури с различным содержанием фруктово-овощного компонента подвергали обработке при температуре порядка 30 °C в лабораторной tempering-машине с целью образования и стабилизации кристаллов жира в β-форме. Затем определяли темпериндекс. Установили, что при соблюдении одинаковых условий tempering с возрастанием доли фруктово-овощного порошка, темпериндекс глазури увеличивается. Глазури с массовой долей фруктово-овощного порошка более 7% отличались свойствами перетемперированных полуфабрикатов – наличием крупных жировых кристаллов, грубой структурой и отсутствием блеска поверхности. С целью получения оптимального темпериндекса глазури с содержанием фруктово-овощного сырья более 7% отработали режимы их tempering.

Ключевые слова: шоколадный полуфабрикат, фруктово-овощные порошки, гранулометрический состав, предел текучести, конширование, tempering, темпериндекс

Scientifically based production criteria for chocolate semi-finished products using fruit and vegetable powders

Nataliya V. Linovskaya ¹	choclab@mail.ru	 0000-0002-9238-8991
Ella V. Mazukabzova ¹	choclab@mail.ru	 0000-0002-2884-6767
Oksana S. Rudenko ¹	oxana0910@mail.ru	 0000-0003-2436-4100

¹ All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry, Electrozavodskaya, 20, bld. 3, Moscow, 107023, Russia

Abstract. Chocolate glaze consists mainly of sugar (50%) and fat (35%) and is a high-calorie semi-finished product with a high content of simple carbohydrates. The standard for glaze provides the possibility of producing chocolate glaze with fruit and vegetable components, which reduces the content of simple carbohydrates. Studied and justified the criteria for the production of chocolate glazes with different contents of fruit and vegetable powders. Analysis of the rheological parameters of chocolate semi-finished products showed that the introduction of fruit and vegetable powder instead of part of the sugar leads to a significant change in the nature of the rheological behavior of the semi-finished product. The yield strength increases from 3.4 to 12.6 Pa as the proportion of fruit and vegetable powder in the formulation increases. In order to determine the effect of the production method on changes in the yield strength of fruit and vegetable chocolate glaze, a series of experiments was carried out. It was found that with a constant content of fruit and vegetable powder (11%), temperature, processing time and machine support, the resulting chocolate glazes differed in their rheological characteristics. It was found that the greatest reduction in the yield strength of fruit and vegetable chocolate glazes during the production process can be achieved by stage-by-stage grinding of the formulation components in a ball mill and the additional introduction of PGPR emulsifier at the conching stage. The quality of chocolate semi-finished products depends not only on rheological parameters, but also on crystallization properties. The developed chocolate glazes with different contents of the fruit and vegetable component were processed at a temperature of about 30 °C in a laboratory tempering machine in order to form and stabilize fat crystals in β-form. Then, the temper index was determined. It was found that, subject to the same tempering conditions, with an increase in the proportion of fruit and vegetable powder, the temperature of glazes increases. Glazes with a mass fraction of fruit and vegetable powder of more than 7% were distinguished by the properties of re-tempered semi-finished products - the presence of large fat crystals, a rough structure and the absence of surface gloss. In order to obtain the optimal temperature index of glazes with a content of fruit and vegetable raw materials of more than 7%, their tempering modes were developed.

Keywords: chocolate semi-finished product, fruit and vegetable powders, particle size distribution, yield strength, conching, tempering, temper index

Для цитирования

Линовская Н.В., Мазукабзова Э.В., Руденко О.С. Научно обоснованные критерии производства шоколадных полуфабрикатов с использованием фруктово-овощных порошков // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 151–157. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-151-157

For citation

Linovskaya N.V., Mazukabzova E.V., Rudenko O.S. Scientifically based production criteria for chocolate semi-finished products using fruit and vegetable powders. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 151–157. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-151-157

Введение

В последние годы в России динамично развивается производство шоколадных глазурей [1-3, 8, 9].

В состав шоколадной глазури по унифицированной рецептуре входит порядка 50% сахара и 35% жира [4, 5]. Вследствие этого шоколадные глазури – высококалорийные полуфабрикаты с большим содержанием простых углеводов.

ГОСТ Р 53897–2010 «Глазурь. ОТУ» предоставляет возможность производства шоколадной глазури с фруктовыми и овощными компонентами. При этом в зависимости от наименования – фруктово-овощесодержащая или фруктово-овощная шоколадная глазурь должна содержать не менее 3–10% данного сырья в сухом эквиваленте.

Материалы и методы

Исследования выполнены на базе ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН в лаборатории «Технологии производства шоколадных и сахарных кондитерских изделий» и отделе «Современных методов оценки качества».

Объектами исследования являлись фруктово-овощные порошки, шоколадные глазури с фруктово-овощными компонентами, выработанные в лабораторных условиях.

Гранулометрический состав сырьевых компонентов определяли по ГОСТ 54052–2010 «Изделия кондитерские. Методы определения степени измельчения шоколада, шоколадных изделий, полуфабрикатов производства шоколада, какао и глазури» на лазерном анализаторе размера частиц с универсальным жидкостным модулем серии LS 13 320 MW фирмы Beckman Coulter (США).

Определение предела текучести шоколадного полуфабриката проводили на ротационном вискозиметре RotoVisco1 фирмы Haake (Германия) по методу Кассона.

Изучение кристаллизационных свойств шоколадного полуфабриката проводили методом экзотермической калориметрии на приборе MultiTherm фирмы Buhler (Швейцария).

Результаты и обсуждение

Изучение химического состава фруктово-овощных порошков, полученных методом холодной распылительной сушки, показало, что доля витаминов и минеральных веществ в них в 1,6–6,5 раза выше, чем в какао-продуктах. Отличительной особенностью фруктово-овощных порошков также является высокое содержание

клетчатки, что позволяет отнести данное нетрадиционное для шоколадных глазурей растительное сырьё к источнику пищевых волокон.

Сравнительный анализ гранулометрического состава сырьевых компонентов показал, что по сравнению с какао тертым, в котором доля частиц размером менее 30 мкм составляет более 90%, сахарная пудра, какао-порошок и фруктово-овощной порошок являются полидисперсными системами (рисунок 1).

При этом содержание различных фракций в группе образцов сахарной пудры и какао-порошка неравномерно, процент частиц размером от 30 до 75 мкм составляет 34,2–74,8. Фруктово-овощные порошки отличаются более однородным распределением частиц по размерам – доля частиц в диапазоне 30–75 мкм составляет 55,6–72,2%. Следует отметить, что образцы плодовоовощных порошков близки по гранулометрическому составу с образцами какао-порошков.

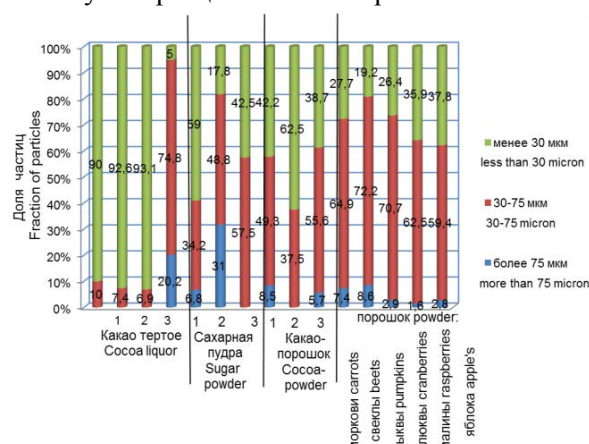


Рисунок 1. Распределение частиц сырьевых компонентов по размерам

Figure 1. Particle size distribution of raw components

Шоколадные полуфабрикаты в процессе производства кондитерских изделий поступают на формование или глазирование, успешное проведение которых зависит от реологических и кристаллизационных свойств.

С точки зрения физической химии шоколадные глазури с фруктово-овощными компонентами – структурированные высокодисперсные системы (суспензии), дисперсионная среда которых представлена жирами: маслом какао, эквивалентами масла какао или их смесью, а дисперсная фаза – измельченными частицами какао, сахара и фруктово-овощного порошка [6,10].

По своим структурно-механическим свойствам расплавленные шоколадные глазури относятся к пластичным телам, которые не начинают течение до периода времени, когда приложенное напряжение сдвига не достигнет определенного значения, равного пределу текучести вещества – предельное напряжение сдвига [11].

Реологические свойства шоколадных полуфабрикатов зависят от ряда факторов: температуры, гранулометрического состава, соотношения жира и высокодисперсной твердой фазы, их природы, процессов химического взаимодействия между твердыми частицами, маслом какао, эквивалентами и поверхностно-активными веществами (лецитин и др.).

Известно, что оптимальным значением предела текучести шоколадного полуфабриката

является величина $3\div 7$ Па, обеспечивающая процесс покрытия изделия равномерным тонким слоем глазури без технологических трудностей [12].

С целью определения динамики изменения реологических показателей высокодисперсных систем от их состава выработали шоколадные полуфабрикаты по унифицированной рецептуре (контроль) и с добавлением фруктово-овощного компонента (таблица 1).

Таблица 1.

Рецептуры шоколадных глазурей с различным содержанием фруктово-овощного компонента

Table 1.

Recipes of chocolate glazes with different content of fruit and vegetable component

Наименование ингредиента Ingredient name	Расход сырья на 1 т полуфабриката, кг Raw material consumption per 1 ton of semi-finished product, kg						
	Контроль Control	1	2	3	4	5	6
Сахарная пудра Sugar powder	465	435	415	395	375	355	335
Какао тертое Cocoa liquor	191,5	191,5	191,5	191,5	191,5	191,5	191,5
Какао-порошок Cocoa-powder	104	104	104	104	104	104	104
Жир-эквивалент масла какао Fat equivalent of cocoa butter	234	234	234	234	234	234	234
Фруктово-овощной порошок: малина, яблоко, тыква Fruit and vegetable powder: raspberries, apple, pumpkin	-	30	50	70	90	110	130
Лецитин Lecithin	4	4	4	4	4	4	4
Ванилин Vanillin	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Итого Total		1000					
Массовая доля фруктово-овощного сырья, % Mass fraction of fruit and vegetable raw materials, %	0	3	5	7	9	11	13
Массовая доля заменяемого добавленного сахара, % Mass fraction of replaced added sugar, %	0	6,4	10,7	15,0	19,3	23,6	27,9

Выработка глазурей осуществлялась по следующей схеме. Какао тертое, эквивалент масла какао (ЭМК), сухие сыпучие компоненты и $\frac{1}{2}$ рецептурного количества лецитина (в композиции с ЭМК 1:1) загружали в лабораторную шариковую мельницу и измельчали в течение 60 мин. Затем гомогенизировали массы в одновальной конш-машине в течение 8 ч, при этом за 1 час до конца процесса конширования вводили оставшееся количество лецитина и определяли предел текучести глазури (по Кассону) на ротационном вискозиметре.

Установили, что введение фруктово-овощного порошка взамен части сахара приводит к значительному изменению характера реологического поведения шоколадного полуфабриката. Предел текучести возрастает с 3,4 до 12,6 Па по мере увеличения доли нетрадиционного растительного сырья в рецептуре (рисунок 2).

Увеличение предельного напряжения сдвига шоколадной глазури при добавлении в неё фруктово-овощного порошка взамен части сахара связано с процессом активного жиропоглощения

из-за наличия большого количества микрокапилляров в нетрадиционном для глазури растительном сырье, вследствие чего затрудняется скольжение твердых частиц относительно друг друга в процессе измельчения и гомогенизации.

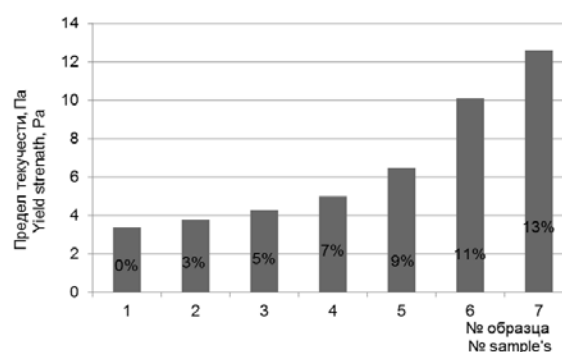


Рисунок 2. Предел текучести шоколадной глазури в зависимости от содержания фруктово-овощного порошка, %: 1 – контроль; 2 – 3; 3 – 5; 4 – 7; 5 – 9; 6 – 11; 7 – 13

Figure 2.. Yield strength of chocolate glaze depending on the content of fruit and vegetable powder, %: 1 – control; 2 – 3; 3 – 5; 4 – 7; 5 – 9; 6 – 11; 7 – 13

Управлять реологическими свойствами глазурей можно посредством изменения технологических параметров их производства: температурные режимы и время обработки, дополнительное введение ПАВ различной природы и др., а также посредством гранулометрического состава исходных компонентов.

С целью определения влияния способа производства на изменения предела текучести фруктово-овощной шоколадной глазури провели серию опытов. Содержание нетрадиционного растительного компонента оставалось постоянным и составляло 11%.

В первом эксперименте в шариковую мельницу вносили все компоненты рецептуры в следующей последовательности: какао тертое, эквивалент масла какао, какао-порошок, фруктово-овощная сухая смесь и $\frac{1}{2}$ рецептурного количества лецитина в соотношении с ЭМК 1:1 и осуществляли измельчение массы в течение 1 ч. Далее массу загружали в лабораторную конш-машину, в которую за 1 ч до конца процесса вводили оставшееся количество лецитина и

эмульгатор PGPR (эфир полиглицерина и взаимоестерифицированных рициноловых кислот) (рисунок 3, а).

Вследствие того что различные сырьевые компоненты глазури отличаются друг от друга по гранулометрическому составу, во втором опыте сырьё в шариковую мельницу загружали поэтапно. Вначале вносили ЭМК, сахарную пудру, какао-порошок, фруктово-овощной порошок и $\frac{1}{2}$ рецептурного количества лецитина (в соотношении с ЭМК 1:1) и осуществляли измельчение массы в течение 40 мин, затем вводили какао тертое и измельчали массу в течение 20 мин. Далее гомогенизировали полуфабрикат в конш-машине с оставшимся рецептурным количеством лецитина (рисунок 3, б).

Третий эксперимент осуществляли по схеме второго опыта с дополнительным введением PGPR на стадии конширования.

При этом во всей серии опытов температура воды в рубашке шариковой мельницы составляла 50 °С, а температура и продолжительность конширования – 55 °С и 8 ч соответственно.

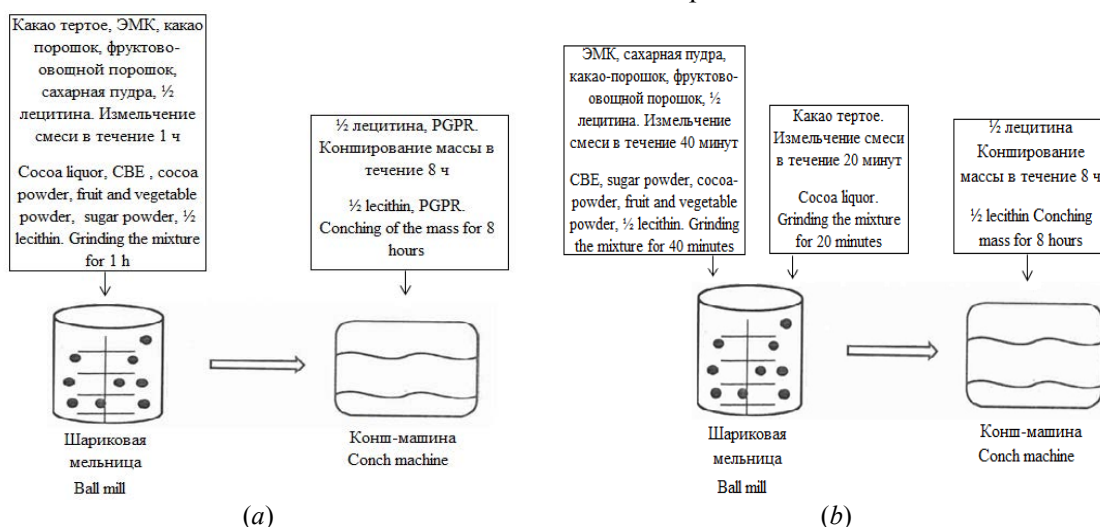


Рисунок 3. Технологическая схема производства фруктово-овощной шоколадной глазури

Figure 3. Technological scheme for the production of fruit and vegetable chocolate glaze

Установили, что при постоянной температуре, времени обработки и машинном обеспечении полученные шоколадные глазури отличались по своим реологическим характеристикам (рисунок 4).

Выявлено, что наибольшего снижения предела текучести фруктово-овощных шоколадных глазурей в процессе их производства можно достичь посредством поэтапного измельчения рецептурных компонентов в шариковой мельнице и дополнительного введения эмульгатора PGPR на стадии конширования полуфабриката.

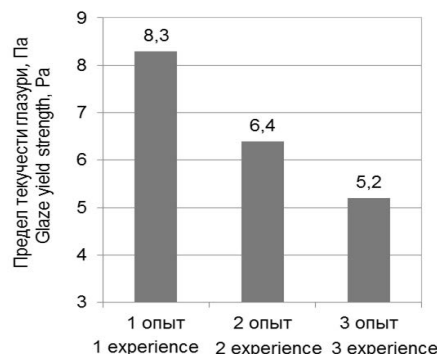


Рисунок 4. Предел текучести фруктово-овощной шоколадной глазури в зависимости от номера эксперимента

Figure 4. Yield strength of fruit and vegetable chocolate glaze depending on experiment number

Качество шоколадных полуфабрикатов зависит не только от их реологических показателей, но и от кристаллизационных свойств, определяемых на специальных приборах – термометрах. В процессе специальной температурной обработки (темперирование) шоколадных глазурей измеряется темпериндекс ($T_{\text{и}}$) – показатель, характеризующий качество процесса, т. е. образования достаточного количества жировых кристаллов в стабильной устойчивой β -форме. При $T_{\text{и}} = 5$ шоколадный полуфабрикат считается идеально оттемперированным, при $T_{\text{и}} < 4,5$ недотемперированным (недостаточное количество жировых кристаллов в стабильной β -форме), а при $T_{\text{и}} > 5,5$ – перетемперированным (избыточное количество жировых кристаллов в стабильной β -форме) [7].

Выработанные шоколадные глазури с различным содержанием фруктово-овощного компонента подвергали обработке при температуре порядка 30 °C (исходя из практики шоколадного производства) в лабораторной темперировающей машине с целью образования и стабилизации кристаллов жира в β -форме. Затем определяли темпериндекс (по Бюлер)

на автоматизированном приборе «Мульти-терм» (таблица 2).

По результатам анализа можно сделать вывод, что при соблюдении одинаковых условий темперирования с возрастанием доли нетрадиционного растительного компонента темпериндекс глазурей увеличивается. Глазури с массовой долей фруктово-овощного порошка более 7% отличались свойствами перетемперированных полуфабрикатов – наличием крупных жировых кристаллов, грубой структурой и отсутствием блеска поверхности.

С целью получения оптимального темпериндекса глазурей с содержанием фруктово-овощного сырья более 7% отработали режимы их темперирования (таблица 3).

Установили, что наилучшие результаты по темпериндексу достигаются при обработке глазури с массовой долей фруктово-овощного компонента:

- 7% при 30,3 – 30,6 °C;
- 9% при 30,9 – 31,2 °C;
- 11% – 31,2 – 31,5 °C;
- 13% – 31,5 °C.

Таблица 2.

Технологические показатели шоколадных глазурей, с различным содержанием фруктово-овощного компонента

Table 2.

Technological indicators of chocolate glazes, with different content of fruit and vegetable component

Показатель Indicator	Массовая доля фруктово-овощного компонента, % Mass fraction of fruit and vegetable component, %						
	Контроль Control	3	5	7	9	11	13
Темпериндекс (по Бюлер) Temper index (by Buehler)	5,1	4,8	5,0	5,7	6,1	6,9	7,2
Оценка качества процесса темперирования Quality assessment of the tempering process	Идеальное темперирование Perfect tempering			Незначительное перетемперирование Minor re-tempering		Значительное перетемперирование Significant re-tempering	

Таблица 3.

Параметры темперирования шоколадных глазурей с содержанием фруктово-овощного компонента 7–13%

Table 3.

The parameters for tempering chocolate glazes with the content of the fruit and vegetable component 7–13%

Массовая доля фруктово-овощного сырья, % Mass fraction of fruit and vegetable raw materials, %	Темпериндекс глазури при температуре обработки, °C Temperature index of the glaze at the temperature of processing, °C				
	30,3	30,6	30,9	31,2	31,5
7	5,3	5,0	4,8	4,5	4,0
9	5,9	5,4	5,1	4,9	4,6
11	6,5	6,0	5,7	5,2	4,7
13	7,0	6,5	6,1	5,6	5,2

Динамика изменения температурной обработки шоколадной глазури от содержания

нетрадиционного растительного компонента в ней приведена на рисунке 5.

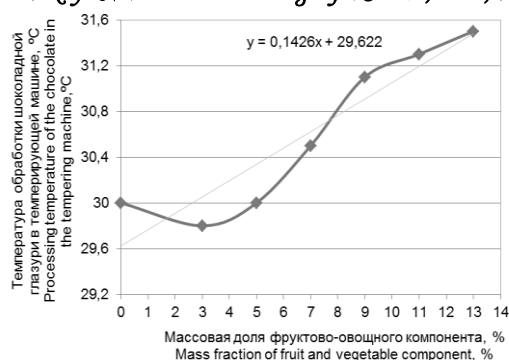


Рисунок 5. Кривая зависимости температуры обработки глазури в темперующей машине от содержания фруктово-овощного сырья в ней

Figure 5. The curve of dependence of temperature of processing of glaze in the tempering machine on the content of fruit and vegetable raw materials in it

Представленная зависимость аппроксимируется формулой:

$$y = 0,1426x + 29,622$$

где y – температура обработки шоколадной глазури в темперующей машине, °C; x – массовая доля фруктово-овощного компонента, %.

Полученное уравнение позволяет устанавливать параметры темперирования фруктово-овощесодержащих и фруктово-овощных шоколадных глазурей.

Закключение

Введение фруктово-овощного порошка взамен части сахара в шоколадную глазурь повышает предел текучести полуфабриката. В контрольном образце глазури без фруктово-овощного сырья предел текучести составлял 3,4 Па, а по мере увеличения доли нетрадиционного растительного компонента он увеличился в 3,7 раза. Исследования подтвердили необходимость изменения технологических параметров производства шоколадных глазурей при условии замещения части сахара в них фруктово-овощным сырьем. Установлено, что оптимальные реологические свойства фруктово-овощных шоколадных глазурей в процессе их производства достигаются посредством поэтапного измельчения рецептурных компонентов и дополнительным введением эмульгатора PGPR на стадии гомогенизации полуфабриката.

Так как с увеличением в рецептуре шоколадной глазури фруктово-овощного компонента изменяются и её кристаллизационные свойства (темпериндекс), требуется оптимизация режимов темперирования для обеспечения стабильных структурных свойств полуфабриката как высокодисперсной системы.

Литература

- 1 Обзор трендов на международном кондитерском рынке // Кондитерская и хлебопекарная промышленность. 2018. № 1 (73). С. 46–48.
- 2 Современные тенденции на рынке кондитерских изделий // Бизнес пищевых ингредиентов. 2018. № 5. С. 38–42.
- 3 Беккет С.Т. Шоколад и шоколадные изделия. Сырье, свойства, оборудование, технологии: пер. с англ. под науч. ред. Т.В. Савенковой, Л.И. Рысевой. СПб.: Профессия, 2013. 708 с.
- 4 Минидай Б.У. Шоколад, конфеты, карамель и другие кондитерские изделия: пер. с англ. под общ. науч. ред. Т.В. Савенковой. СПб.: Профессия, 2005. 807 с.
- 5 Рецептуры на шоколад, шоколадные изделия и порошок какао; под ред. М.К. Смирновой. М.: Пищевая промышленность, 1968. 153 с.
- 6 Зубченко А.В. Физико-химические основы технологии кондитерских изделий. Воронеж: Воронежский государственный университет, 1997. 413 с.
- 7 Рысеева Л.И., Линовская Н.В. Моделирование темперирования шоколадных полуфабрикатов-основа повышения качества продукции // Кондитерское производство. 2016. № 1. С. 12–14.
- 8 Konar N., Toker O.S., Oba S., Sagbic O. Improving functionality of chocolate: A review on probiotic, prebiotic, and/or synbiotic characteristics // Trends in Food Science & Technology. 2016. V. 49. P. 35–44.
- 9 Mohos F. Confectionery and chocolate engineering. John Wiley & Sons, 2016. 926 p.
- 10 Hartel R.W., Jin J., Jaures E. Particulate effects on storage bloom in chocolate // Manufacturing Confectioner. 2016. V. 96. № 3. P. 59–64.
- 11 Afoakwa E.O. Chocolate science and technology. John Wiley & Sons, 2016. 582 p.
- 12 Beckett S.T. The science of chocolate. Royal Society of Chemistry, 2018. 284 p.

References

- 1 Overview of trends in the international confectionery market. Confectionery and bakery industry. 2018. no. 1 (73). pp. 46–48. (in Russian).
- 2 Modern trends in the confectionery market. Business food ingredients. 2018. no. 5. pp. 38–42. (in Russian).
- 3 Beckett S.T. Chocolate and chocolate products. Raw materials, properties, equipment, technology: trans. from English under the scientific. ed. T.V. Savenkova, L.I. Ryseva. St. Petersburg, Professiya, 2013. 708 p. (in Russian).
- 4 Minifay B.U. Chocolate, sweets, caramel and other confectionery products: trans. from English under the general. scientific ed. T.V. Savenkova. St. Petersburg, Professiya, 2005. 807 p. (in Russian).
- 5 Recipes for chocolate, chocolate products and cocoa powder; ed. M.K. Smirnova. Moscow, Pishchevaya promyshlennost', 1968. 153 p. (in Russian).
- 6 Zubchenko A.V. Physico-chemical fundamentals of confectionery technology. Voronezh, Voronezh State University, 1997. 413 p. (in Russian).

- 7 Ryseva L.I., Linovskaya N.V. Tempering modeling of chocolate semi-finished products – the basis for improving product quality. Confectionery. 2016. no. 1. pp. 12–14. (in Russian).
- 8 Konar N., Toker O.S., Oba S., Sagbic O. Improving functionality of chocolate: A review on probiotic, prebiotic, and/or synbiotic characteristics. Trends in Food Science & Technology. 2016. vol. 49. pp. 35–44.
- 9 Mohos F. Confectionery and chocolate engineering. John Wiley & Sons, 2016. 926 p.
- 10 Hartel R.W., Jin J., Jaures E. Particulate effects on storage bloom in chocolate. Manufacturing Confectioner. 2016. vol. 96. no. 3. pp. 59–64.
- 11 Afoakwa E.O. Chocolate science and technology. John Wiley & Sons, 2016. 582 p.
- 12 Beckett S.T. The science of chocolate. Royal Society of Chemistry, 2018. 284 p.

Сведения об авторах

Наталья В. Линовская к.т.н., ведущий научный сотрудник, лаборатория технологии производства шоколадных и сахарных кондитерских изделий, ВНИИ кондитерской промышленности – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Электrozаводская, 20, стр. 3, г. Москва, 107023, Россия, choclab@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9238-8991>

Элла В. Мазукабзова младший научный сотрудник, лаборатория технологии производства шоколадных и сахарных кондитерских изделий, ВНИИ кондитерской промышленности – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Электrozаводская, 20, стр. 3, г. Москва, 107023, Россия, choclab@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2884-6767>

Оксана С. Руденко к.т.н., старший научный сотрудник, отдел современных методов оценки качества, ВНИИ кондитерской промышленности – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Электrozаводская, 20, стр. 3, г. Москва, 107023, Россия, oxana0910@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2436-4100>

Вклад авторов

Наталья В. Линовская написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат
Элла В. Мазукабзова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

Оксана С. Руденко консультация в ходе исследования

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Nataliya V. Linovskaya Cand. Sci. (Engin.), leading researcher, technology of production of chocolate and sugar confectioner laboratory, All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry – Branch of V.M. Gorbatoev Federal Research Center for Food Systems of RAS, Elektrozavodskaya, 20, bld. 3, Moscow, 107023, Russia, choclab@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9238-8991>

Ella V. Mazukabzova junior researcher, technology of production of chocolate and sugar confectioner laboratory, All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry – Branch of V.M. Gorbatoev Federal Research Center for Food Systems of RAS, Elektrozavodskaya, 20, bld. 3, Moscow, 107023, Russia, choclab@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2884-6767>

Oksana S. Rudenko Cand. Sci. (Engin.), senior researcher, department of modern methods of quality assessment, All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry – Branch of V.M. Gorbatoev Federal Research Center for Food Systems of RAS, Elektrozavodskaya, 20, bld. 3, Moscow, 107023, Russia, oxana0910@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2436-4100>

Contribution

Nataliya V. Linovskaya wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Ella V. Mazukabzova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Oksana S. Rudenko consultation during the study

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 15/08/2019	После редакции 26/08/2019	Принята в печать 04/09/2019
Received 15/08/2019	Accepted in revised 26/08/2019	Accepted 04/09/2019

Разработка технологии производства снежков на основе ягод черной смородины (*Ribes nigrum*)

Надежда В. Макарова	¹	makarovnv1969@mail.ru	 0000-0002-00112-0085
Динара Ф. Игнатова	¹	dinara-bakieva@mail.ru	 0000-0002-1478-039X
Екатерина А. Васильева	¹	katerinavasileva99@yahoo.com	 0000-0002-5250-7677
Юлия И. Солина	¹	u.solina@ya.ru	 0000-0003-3254-9463
Елена А. Елисеева	¹	eliseevaml@ya.ru	 0000-0001-9179-2194

¹ Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, Россия

Аннотация. Интерес к потреблению ягод во многом обусловлен содержанием в них биологически активных веществ и их значением как диетических антиоксидантов. Полифенольные соединения, обнаруженные в ягодах черной смородины, известны как агенты, действующие профилактически и терапевтически на организм человека. Были определены: общее содержание фенольных веществ, флавоноидов, антирадикальная активность по методу DPPH, восстанавливающая сила по методу FRAP, антоцианов, органолептические характеристики, содержание пищевых волокон, содержание витамина С для исходного сырья, полуфабрикатов (ягод черной смородины, пюре черной смородины, двух видов снежков сублимационной сушки из ягод черной смородины). По результатам исследования выявлено, что ягода, подвергшаяся сублимационной сушке (снежки двух видов сублимационной сушки), показала высокие результаты: 42,05 ммоль Fe²⁺/1 кг (снежки со структурообразователем, пектин 5%), 38,6 ммоль Fe²⁺/1 кг (снежки) восстанавливающая сила по методу FRAP, 47,1 Ес 50 мг/мл (снежки), 79,4 Ес 50 мг/мл (снежки со структурообразователем, пектин 5%) антирадикальная активность по методу DPPH, 766 мг ГК/100 г (снежки), 835 мг ГК/100 г (снежки со структурообразователем, пектин 5%) общее содержание фенольных веществ, 374 мг К/100 г (снежки), 392 мг К/100 г (снежки со структурообразователем, пектин 5%) общее содержание флавоноидов, 166,07 мг ЦГ/100 г (снежки), 174,21 мг ЦГ/100 г (снежки со структурообразователем, пектин 5%) содержание антоцианов, 50,1% (снежки), 66,9% (снежки со структурообразователем, пектин 5%) содержание витамина С, 76,8% (снежки), 90% (снежки со структурообразователем, пектин 5%) пищевые волокна, 1,92% (снежки), 2,13% (снежки со структурообразователем, пектин 5%) – титруемая кислотность. Таким образом, можно сделать вывод о том, что вакуумная сушка обеспечивает образцы с хорошими физико-химическими свойствами и лучше, чем обычно высушенный образец.

Ключевые слова: черная смородина, вакуумная сушка, фенольные вещества, антоцианы, органолептика

Development of a technology for the production of snacks based on blackcurrant berries (*Ribes nigrum*)

Nadezhda V. Makarova	¹	makarovnv1969@mail.ru	 0000-0002-00112-0085
Dinara F. Ignatova	¹	dinara-bakieva@mail.ru	 0000-0002-1478-039X
Vasilieva A. Ekaterina	¹	katerinavasileva99@yahoo.com	 0000-0002-5250-7677
Yuliya I. Solina	¹	u.solina@ya.ru	 0000-0003-3254-9463
Elena A. Eliseeva	¹	eliseevaml@ya.ru	 0000-0001-9179-2194

¹ Samara State Technical University, ul. Molodogvardeiskaya, 244, Samara, 443100, Russia

Abstract. Interest in the consumption of berries is largely due to the content of biologically active substances in them and their importance as dietary antioxidants. Polyphenolic compounds found in blackcurrant berries are known as agents that act prophylactically and therapeutically on the human body. The following were determined: total content of phenolic substances, flavonoids, anti-radical activity according to the DPPH method, restoring power according to the FRAP method, anthocyanins, organoleptic characteristics, dietary fiber content, vitamin C content for feedstock, semi-finished products (blackcurrant berries, blackcurrant puree, two types freeze-dried snacks from blackcurrant berries). According to the results of the study, it was found that the freeze-dried berry (snacks of two types of freeze-drying) showed good results: 42.05 mmol Fe²⁺ /1 kg (snacks with a structure-forming agent, 5% pectin), 38.6 mmol Fe²⁺ /1 kg (snacks) restoring power according to the FRAP method, 47.1 Ec 50 mg/ml (snacks), 79.4 Ec 50 mg/ml (snacks with a builder, pectin 5%) anti-radical activity according to the DPPH method, 766 mg HA/100 g (snacks), 835 mg HA/100 g (snacks with a builder, pectin 5%) total phenolic content, 374 mg K/100 g (snacks), 392 mg K/100 g (snacks with by a touring agent, 5% pectin) total flavonoid content, 166.07 mg CG/100 g (snacks), 174.21 mg CG/100 g (snacks with a structuring agent, 5% pectin) anthocyanins content, 50.1% (snacks), 66.9% (snacks with a builder, pectin 5%) vitamin C content, 76.8% (snacks), 90% (snacks with a builder, pectin 5%) dietary fiber, 1.92% (snacks), 2.13 % (snacks with a builder, pectin 5%) – titratable acidity. Thus, we can conclude that vacuum drying provides samples with good physicochemical properties and is better than a dried sample.

Keywords: blackcurrant, vacuum drying, phenolic substances, anthocyanins, organoleptic

Для цитирования

Макарова Н.В., Игнатова Д.Ф., Васильева Е.А., Солина Ю.И., Елисеева Е.А. Разработка технологии производства снежков на основе ягод черной смородины (*Ribes nigrum*) // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 158–167. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-158-167

For citation

Makarova N.V., Ignatova D.F., Vasilieva E.A., Solina Yu.I., Eliseeva E.A. Development of a technology for the production of snacks based on blackcurrant berries (*Ribes nigrum*). *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 158–167. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-158-167

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Черная смородина является одной из самых урожайных ягодных культур. На данный момент она считается одним из самых богатых сырьевых источников биологически активных соединений. Причем немаловажную роль в уровне показателей содержания этих соединений играет такой фактор, как сорт. В статье [1] описаны результаты исследования в 4 сортах черной смородины: Focus, Ben Gairh, Otel, Viola, таких показателей, как содержание полифенолов, флавоноидов, антоцианов, аскорбиновой кислоты, витамина В. В зависимости от сорта уровень показателей отличается в несколько раз.

Китайскими учеными из черной смородины сорта Meifeng был выделен новый вид полисахарида, для которого были изучены молекулярный вес, состав. Доказано, что данный полисахарид обладает способностью тормозить реакцию гликирования [2].

В работе [3] словенских ученых приводятся данные широкомасштабных исследований 23 сортов черной смородины на наличие таких классов соединений, как сахара, кислотность, фенолов и индивидуальный состав этих классов. На основании полученных результатов делается вывод о большой зависимости показателей от сортности смородины.

Аналогичный вывод сделан и в статье [4]. При этом сравнены не только 3 сорта черной смородины, но красной и белой.

Для 32 сортов черной смородины финские ученые обнаружили [5] различия в общем содержании антоцианов и флавонолов, а также в соотношении таких соединений, как мирцетин, кверцетин, кемпферол и четырех важнейших антоцианов: делфинидин-3-рутинозид, цианидин-3-рутинозид, делфинидин-3-глюкозид, цианидин-3-глюкозид.

Из смородины методами ферментативной экстракции были выделены 62 представителя полифенолов и 11 производственных антоцианов, которые удалось идентифицировать методами масс-спектрофотометрии. Фенольные фракции обладали антиоксидантной активностью и способностью ингибировать действие α -амилазы, α -глюкозидазы, липазы [6].

Для сохранения свойств полифенольной фракции, выделенной из черной смородины, было предложено [7] использовать технологию инкапсулирования. В качестве исходного сырья были взяты 5 сортов смородины. Для конечных инкапсулированных экстрактов было изучено содержание полифенолов, антоцианов, процианидинов, антиоксидантная активность до и после сушки экстрактов и хранение при 8 °C в течение 12 мес.

Сербские ученые для 7 сортов черной смородины методом ВЭЖХ хроматографии изучили содержание кверцетина, мирицетина, кемпферола, эпикатехина, катехина. Для экстрактов смородины исследована антибактериальная активность против 8 видов микробов, бактерий и грибов [8].

Для смородины, выращенной на территории Чили и Аргентины, были выделены 60 соединений из экстрактов. Эти экстракты проявляют цитопротекторный эффект, работают против клеточного гастрита человека и рекомендуются как элемент профилактического питания [9].

Основным методом консервации ягод и сохранения их свойств в течение длительного времени является сушка [10]. Для целого ряда ягод исследована кинетика вакуумной сушки при различных параметрах времени и температуры. Составлены кинетические модели этого процесса.

На примере ягод черной смородины изучено [11] влияние четырех вариантов технологий сушки (сублимационная, конвективная, микроволновая, конвективная + микроволновая) на содержание индивидуальных антоцианов, антиоксидантную активность. Именно микроволновая сушка, по мнению авторов, наиболее предпочтительна для получения порошка ягод черной смородины с высшими показателями биологически активных соединений.

Как доказывают греческие ученые [12], сушеные ягоды смородины сорта Аругена являются источником комплекса сахаров: фруктозы, глюкозы, сахарозы, мальтозы.

В выборе технологических параметров вакуумной сушки ягод смородины использован метод поверхности отклика. В качестве контрольных параметров использовано общее содержание фенолов, флавоноидов, антоцианов, аскорбиновой кислоты, антирадикальной активности. В основе переменных параметров выступают температура, время, давление [13].

На примере 3 видов ягод: черной смородины, малины, бузины, чилийские ученые доказали [14], что сушеные ягоды являются источником не только сахаров, органических кислот, но и антоцианов, фенолов. Причем сушеные ягоды черной смородины намного превосходят по показателям ягоды малины и немного уступают ягодам бузины.

Польские ученые предлагают использовать [15] порошок ягод черной смородины в качестве компонента мясных продуктов. Именно этот порошок оказывает не только антимикробный эффект на патогенную микрофлору, но и предотвращает вторичное окисление.

Таким образом образом, исследования химического состава биологической активности ягод черной смородины показывают перспективность этого направления.

Цель работы – сравнительное изучение физико-химических свойств (содержание сухих веществ, аскорбиновой кислоты, титруемой кислотности, фенолов, флавоноидов, антоцианов, сахара, пищевых волокон, DPPH, FRAP) ягод, пюре, снежков черной смородины; подбор наиболее оптимальных рецептур снежков из ягод черной смородины с добавлением и без пластификатора на основании анализа данных органолептических и физико-химических свойств.

Объекты и методы исследований

Метод приготовления экстрактов исследуемых образцов. 2 г измельченных ягод, пюре, снежков (для экстракта концентрацией 0,1 г/см³) помещают в колбы с притертой пробкой, добавляют 20 мл смеси дистиллированной воды и водного этилового спирта (модуль разбавления 1:1), выдерживают при 37 °С в течение 2 ч при непрерывном перемешивании. Далее отделяют прозрачный слой экстракта фильтрованием и центрифугированием на центрифуге в течение 15 мин при скорости 3000 мин⁻¹.

Метод определения общего содержания фенольных веществ. Определение фенольных веществ основано на их способности связываться с белковыми веществами, осаждаться солями металлов, окисляться и давать цветные реакции. Исследования проводились по методу [16]. Колориметрический метод определения общего содержания фенольных веществ основан на применении реактива Фолина.

К 0,25 мл готового экстракта плодов/пюре/снежков ягод концентрацией 0,1 мг/см³, добавили 0,25 мл 50%-ого водного раствора реактива Folin-Ciocalteu, 0,50 мл насыщенного раствора карбоната натрия и 4,00 мл дистиллированной воды. Смесь выдерживали 25 мин при 25 °С при постоянном помешивании для завершения реакции. Далее пробы центрифугировали 10 мин при скорости 2000 мин⁻¹.

Содержание фенольных веществ в прозрачном растворе экстракта плодов/пюре/снежков ягод определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре. Спектр поглощения снимали при длине волны 725 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения помещали контрольную пробу. Калькуляцию фенольных соединений в мг галловой кислоты (ГК)/100 г продукта проводили по калибровочной кривой.

Метод определения общего содержания флавоноидов. Исследования содержания флавоноидов проводили по методу [17] с модификацией для экстрактов плодов/пюре/снежков ягод. В пробирки помещали 0,50 мл экстракта плодов/пюре/снежков ягод концентрацией 0,1 мг/см³, 2,50 мл дистиллированной воды, 0,15 мл раствора 5%-ного нитрита натрия. Выдерживали в течение 5 мин. Затем приливали 0,30 мл 10%-ого хлорида алюминия (III), выдерживали в течение 5 мин при 20–25 °С. Добавляли 1,00 мл 1 М гидроксида натрия и 5,00 мл дистиллированной воды.

Содержание флавоноидов определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре. Спектр поглощения снимали при длине волны 510 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения помещали дистиллированную воду. Калькуляцию флавоноидов в мг катехина (К)/100 г продукта проводили по калибровочной кривой.

Метод определения радикалудерживающей способности с использованием реактива 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (DPPH-метод). Одним из способов оценки антиоксидантной активности пищевых веществ является колориметрия свободных радикалов. Данный метод основан на реакции стабильного синтетического радикала DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразила), растворенного в этаноле, с образцом антиоксиданта, содержащегося в экстракте [18]. В результате восстановления свободного радикала DPPH антиоксидантами функциональных продуктов сменяется пурпурно-синяя окраска реактива на желтую, так как происходит переход свободного радикала 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила, имеющего пурпурно-синюю окраску, в стабильную молекулу 2,2-дифенил-1-пикрилгидразина, который имеет желтую окраску.

Существует два способа проведения эксперимента по данному методу – статический и динамический. Статический показывает, при какой концентрации экстракта наблюдается наилучшее ингибирование свободных радикалов. Динамический характеризует процесс ингибирования во времени и показывает время, которое необходимо для ингибирования радикалов DPPH антиоксидантами экстракта с концентрацией, при которой наблюдается наилучшее ингибирование свободных радикалов. Чтобы охарактеризовать антиоксидантную активность существует параметр E_{C50} – это та концентрация экстракта, при которой происходит 50%-ное ингибирование радикала DPPH антиоксидантом экстракта. Торможение реакций окислительного распада происходит тем быстрее и антиоксидантная активность образцов тем выше, чем ниже показатель E_{C50} .

В пробирки помещали 0,20 мл экстракта плодов/пюре/снежков ягод с различной концентрацией, 2,00 мл дистиллированной воды, 2,00 мл спиртового раствора 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила. Смесь выдерживали в течение 30 мин при 20–25 °С в недоступном для света месте.

Колориметрию свободных радикалов 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила проводили спектрофотометрическим методом при длине волны 517 нм в кювете толщиной слоя жидкости 10 мм.

Метод определения железосвязывающей активности экстрактов (FRAP-метод). Исследование восстанавливающей силы было проведено по методу [19] с модификацией для экстрактов плодов/пюре/снежков ягод.

В пробирки прибавляли 1,00 мл реактива FRAP, 3,00 мл дистиллированной воды, 0,10 мл готового экстракта плодов/пюре/снежков ягод концентрацией 0,1 мг/см³. Смесь выдерживают 4 мин при температуре 37 °С при периодическом перемешивании.

Определение железосвязывающей активности проводили спектрофотометрическим методом при длине волны 593 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. Определение железосвязывающей активности проводили по калибровочной кривой в ммоль Fe^{2+} /1 кг исходного сырья.

Определение концентрации антоцианов спектрофотометрическим методом. Раствор А: 0,025 М КС1, рН 1,0. Навеску КС1 массой 0,465 г растворяли в 240 мл дистиллированной воды в химическом стакане. Доводили значение рН до 1,0 раствором концентрированной соляной кислоты, добавляя ее по каплям. Переносили полученный раствор в мерную колбу вместимостью 250 мл и доводили до метки дистиллированной водой с последующим контролем рН.

Раствор Б: 0,4 М CH_3COONa , рН 4,5. Навеску $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ массой 13,6 г растворяли в 240 мл дистиллированной воды в химическом стакане. Доводили рН до 4,5 раствором концентрированной соляной кислоты, добавляя ее по каплям [20]. Переносили полученный раствор в мерную колбу вместимостью 250 мл и доводили до метки дистиллированной водой, повторно контролируя рН. Аликвотные объемы анализируемого экстракта Va антоцианов (с предварительным подбором разбавления) переносили в мерные колбы Vк и доводили до метки растворами А и Б.

Метод определения титруемой кислотности. В стакан вносили пипеткой 25 см³ неразбавленного сока или пробы сока, разбавленного так, чтобы на последующее титрование расходовалось не менее 8 см³ титранта [21]. Для анализа продуктов с высокой вязкостью и (или) с высоким содержанием частиц мякоти (например, для пульпы) берут соответствующую навеску пробы и разбавляют водой так, чтобы соблюдалось вышеуказанное условие. Пробу в стакане при температуре 20 °С начинали перемешивать магнитной мешалкой и титровали из бюретки раствором гидроксида натрия до значения рН 8,1. Измеряли объем раствора, пошедший на титрование. Если рН-метр снабжен температурной компенсацией, то испытание допускается выполнять при температуре в интервале 10 – 30 °С.

Метод определения сухих веществ. В чистую сухую бюксу помещали 11 + 1 г очищенного и прокаленного в соответствии с пунктом песка, ставили бюксу с песком и стеклянной палочкой в сушильный шкаф и, сняв крышку, сушили до постоянной массы при температуре 103 ± 2 °С в течение 1 ч. Снятая крышка помещалась в сушильном шкафу рядом [22]. Закрыв в сушильном шкафу бюксу крышкой, переносили ее в эксикатор, охлаждали в течение 30 мин и взвешивали. Затем бюксу высушивали повторно при этой же температуре в течение 30 – 40 мин и повторяли ту же операцию охлаждения и взвешивания. За результат испытания принимали среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, допускаемое расхождение между которыми не должно превышать 0,5% (предел повторяемости, г). В эту же бюксу помещали навеску пробы, массой $5,0 \pm 0,1$ г, закрывали крышкой и взвешивали. Затем,

тщательно перемешав навеску с песком стеклянной палочкой, равномерно распределяли содержимое по дну бюксы. Открытую бюксу с навеской и стеклянной палочкой помещали в сушильный шкаф и сушили в течение 4 ч при 103 ± 2 °С. Снятая крышка помещалась в сушильном шкафу рядом. Бюксу закрывали крышкой, охлаждали в эксикаторе в течение 30 мин и взвешивали.

Метод определения пищевых волокон. С помощью пипеточного дозатора в каждый стакан вносили по 0,05 см³ раствора термостабильной α -амилазы. Содержимое перемешивали, слегка вращая стаканы, после чего стаканы закрывали алюминиевой фольгой и помещали в кипящую водяную баню. Время выдержки 30 мин отсчитывали с момента, когда содержимое нагреется до температуры 90 °С. Затем смесь охлаждали до температуры 20 °С и доводили значение рН до 7,4 – 7,6 раствором гидроксида натрия молярной концентрацией 0,275 моль/дм³. В каждый стакан вносили 0,05 см³ раствора протеазы с помощью пипеточного дозатора [23]. Содержимое стаканов перемешивали и закрывали алюминиевой фольгой, выдерживали на водяной бане при температуре 60 °С в течение 30 мин при постоянном перемешивании, охлаждали до 20 °С и доводили значение рН до 4,3–4,7 с помощью раствора соляной кислоты 0,325 моль/дм³. Затем в каждый стакан с помощью пипеточного дозатора вносили 0,150 см³ раствора амилоглюкозидазы, выдерживали на водяной бане при температуре 60 °С в течение 30 мин, отсчитывая время с момента, когда температура содержимого стаканов достигнет 60 °С. Мерным цилиндром отмеряли 280 см³ этилового спирта 78% об., подогревали его до температуры 60 °С, добавляли к содержимому стаканов и выдерживали при комнатной температуре в течение 60 мин для формирования осадка. Высушенные при температуре 60 °С до постоянной массы (разница между взвешиваниями не должна превышать 0,001 г) и взвешенные (с точностью до 0,0001 г) бумажные фильтры помещали в стеклянные воронки и смачивали этиловым спиртом 95% об., осадок, содержащий пищевые волокна, фильтровали количественно, смывая со стенок стаканов порциями этилового спирта, затем осадок на фильтре промывали три раза порциями этилового спирта 78% об. по 20 см³, два раза порциями этилового спирта 95% об. по 10 см³ и два раза порциями ацетона по 10 см³. Осадки на фильтрах высушивали при температуре 105 °С в сушильном шкафу до постоянной массы (разница между взвешиваниями не должна превышать 0,001 г). Фильтры охлаждали в эксикаторе и взвешивали с точностью до 0,0001 г.

Метод определения сахаров. 50 см³ испытуемого раствора вносили пипеткой в мерную колбу вместимостью 100 см³ и доводили водой до метки. Полученный раствор содержит около 2 г/дм³. В коническую колбу вместимостью 250 см³ вносили пипеткой 20 см³ раствора железосинеродистого калия, 5 см³ раствора гидроксида натрия, 8 см³ разбавленного раствора и 2 см³ воды. Колбу присоединяли к обратному холодильнику, содержимое нагревали

до кипения, кипятили 1 мин и затем охлаждали под струей холодной воды до комнатной температуры. Колориметрируемый раствор должен быть прозрачным [24]. Если полученный раствор будет мутным, то его следует профильтровать. Проводили измерения оптической плотности. Значения оптической плотности должны уложиться в интервале 0,2–0,7. В случае получения других значений определение повторяли, соответственно изменив объем добавляемого испытуемого раствора и воды, но так, чтобы суммарный объем был равен 10 см³. Оптическую плотность измеряли в каждом растворе не менее трех раз и определяли среднеарифметическое значение.

Метод определения витамина С. В стакан вместимостью 50 см³ вносили пипеткой объем экстракта, но не более 25 см³, прибавляли экстрагирующий раствор приблизительно до объема 30 см³ и погружали электроды рН-метра-милливольтметра так, чтобы при перемешивании они не касались магнитного стержня мешалки [25]. Затем титровали потенциометрически из микробюретки раствором 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия. Раствор 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия прибавляли порциями по 0,1–0,2 см³ при постоянном перемешивании. Записывали показания прибора в милливольтках, соответствующие каждому прибавленному объему раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия. При титровании стрелка прибора сначала отклонялась влево, затем ее движение замедлилось и после точки эквивалентности стрелка отклонилась вправо. Объем раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия, соответствующий точке эквивалентности и, следовательно, израсходованный на титрование объема, устанавливали по максимальной разнице двух соседних показаний прибора или по потенциометрической кривой зависимости величины потенциала в милливольтках от объема раствора 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия в кубических сантиметрах.

Результаты и их обсуждение

Самое общее определение понятия сухих веществ (сухого остатка в химии) заключается в том, что это субстанции, из которых удалена влага. Но влагу, которая содержится в веществе или материале, можно разделить на две составляющие: та, которая содержится в молекулах вещества, или связанная; та, которая содержится между молекулами вещества, или свободная. Свободную воду мы можно удалить физическими методами: выпариванием, высушиванием, отгонкой и т. д. При этом структура вещества может меняться, химический состав – нет. Связанная влага может быть удалена только при более жестких условиях или даже только с помощью химических веществ.

Сухие – это вещества, в которых отсутствуют оба вида воды. При этом необходимо помнить, что окружающий воздух постоянно содержит некоторое количество водяного пара.

Поэтому высушенные горячие вещества необходимо хранить в специальных емкостях, чтобы в них не попали водяные пары.

По полученным данным содержание сухих веществ в свежей ягоде составило 17,8 нм. В сублимируемом сырье по сравнению с приводимыми в литературных источниках данными доля сухих веществ выше 21,3 нм (рисунок 1).

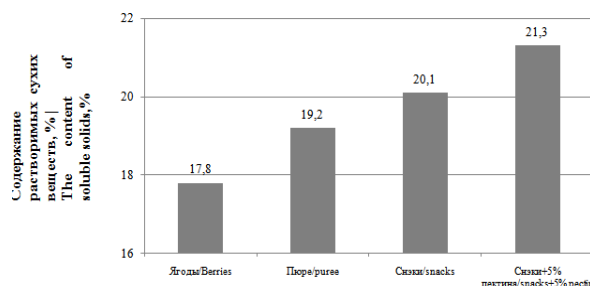


Рисунок 1. Результаты определения общего содержания сухих веществ, пюре, снэках черной смородины

Figure 1. Results of determination of the total content of dry substances, purees, snacks of black currant

Это можно объяснить тем, что в процессе замораживания сырья происходит выделение части свободной воды в виде кристаллов льда, приводящее к увеличению сухих веществ.

Гармоничное сочетание сахаров и кислот в значительной степени определяет вкус ягод. Отношение количества сахаров к титруемой кислотности принято называть объективным показателем вкуса (ОПВ). В процессе исследования увеличивалось содержание сахаров и кислотность, что привело к стабильным показателям ОПВ (рисунок 2).

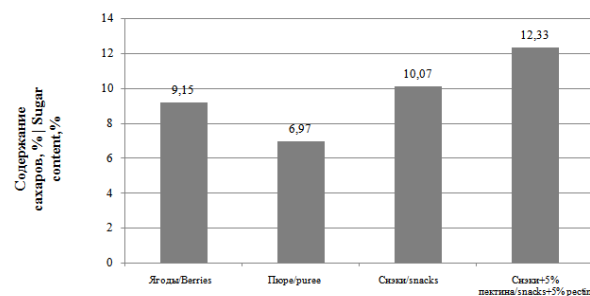


Рисунок 2. Результаты определения общего содержания сахаров в ягодах, пюре, снэках черной смородины

Figure 2. Results of determination of the total content of sugars in berries, puree, snacks of black currant

Изменение титруемой кислотности ягод (в пересчете на яблочную кислоту) при замораживании и хранении представлено на рисунке 3. Титруемая кислотность в процессе замораживания увеличилась на 0,45%. Активная кислотность (рН) при различной температуре и хранении менялась незначительно.

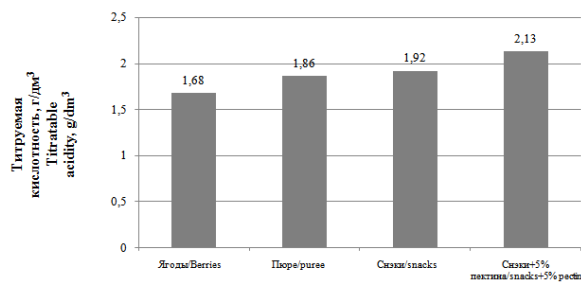


Рисунок 3. Результаты определения титруемой кислотности в ягодах, пюре, снэках черной смородины

Figure 3. The results of the determination of titratable acidity in berries, purees, snacks black currant

Пищевые волокна – необычные вещества. Они не перевариваются в желудке и тонком кишечнике. Этот факт может навести на мысль, что от них мало пользы. Но их польза начинает проявляться в толстом кишечнике. Они не только регулируют перистальтику, но и оказывают благотворное воздействие на здоровье (рисунок 4).

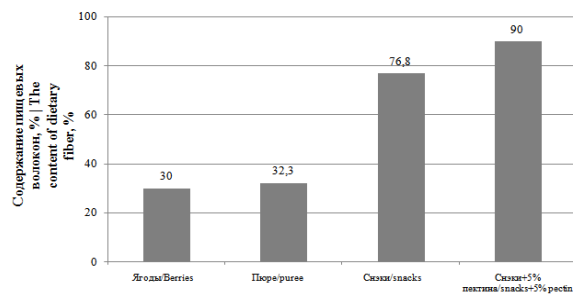


Рисунок 4. Результаты определения общего содержания пищевых волокон в ягодах, пюре, снэках черной смородины

Figure 4. Results of determination of the total content of dietary fibers in berries, puree, snacks of black currant

Исходя из данных (рисунок 4), самые низкие показатели выявлены у ягод – 30 нм, а самые высокие снэки + 5% пектина – 90 нм; следует сделать вывод о том, что к употреблению следует использовать продукт с высшим показателем, т. к. он способствует лучшему обволакиванию стенок кишечника и всей пищеварительной системы человека.

Пищевые волокна в сочетании с достаточным поступлением в организм жидкости (чем больше их в рационе, тем больше необходимо пить) оказывают регулирующее воздействие на перистальтику кишечника. Под «регулированием» понимается способность пищевых волокон препятствовать замедлению (запоры) и контролировать ускорение работы кишечника (диарея).

Витамин С – незаменимое вещество для человека. Он не синтезируется в организме самостоятельно, поэтому должен поступать в достаточном количестве с пищей.

Основными источниками аскорбиновой кислоты являются овощи и фрукты. Также она встречается в некоторых травянистых растениях,

плодах, семенах. Следует учитывать, что витамин С под действием температуры выше 60 °С разрушается, поэтому термическая обработка овощей и фруктов приводит к потере аскорбиновой кислоты. Их рекомендуется есть в свежем (сыром) виде (рисунок 5).

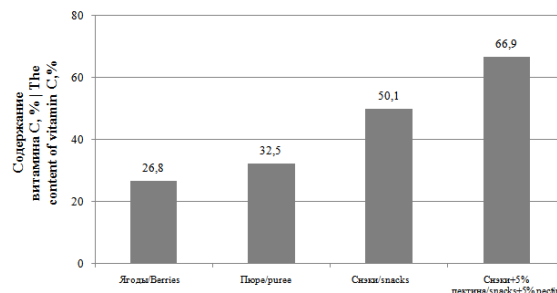


Рисунок 5. Результаты определения общего содержания витамина С в ягодах, пюре, снэках черной смородины

Figure 5. Results of determination of the total content of vitamin C in berries, puree, snacks of black currant

А вот сушка плодов не уменьшает содержание витамина С: его количество в них остаётся прежним. С учётом потери воды, процент содержания аскорбиновой кислоты в единице массы ягод даже увеличивается. Замороженные продукты также сохраняют полностью свой витаминный состав. Учитывая этот факт, следует заметить, что экстракт снэка с добавлением структурообразователя (пектин 5%) из черной смородины занимает лидирующую позицию. Это следует учитывать при выборе употребления исходного сырья или пройденного через этап сушки.

Фенолы – это ароматические соединения, содержащие в своей молекуле бензольное ядро с одной или несколькими гидроксильными группами. Они встречаются в различных частях многих растений (в покровных тканях в плодах, проростках, листьях, цветках) и придают им окраску и аромат; играют важную роль в различных физиологических процессах, таких, как фотосинтез, дыхание, рост, устойчивость растений к инфекционным болезням, рост и репродукция; защищают растения от патогенных микроорганизмов и грибковых заболеваний.

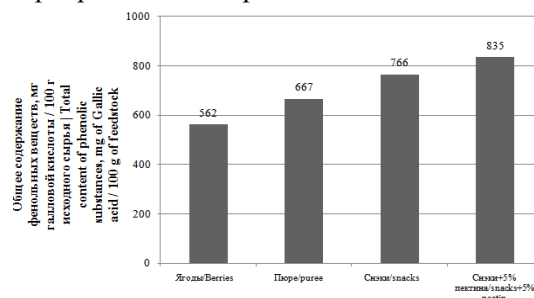


Рисунок 6. Результаты определения общего содержания фенолов в ягодах, пюре, снэках черной смородины

Figure 6. Results of determination of the total content of phenols in berries, puree, snacks of black currant

По показателю общего содержания фенолов можно увидеть, что лидирующую позицию занимает экстракт из смзков с добавлением структурообразователя (пектин 5%) черной смородины (рисунок 6).

Именно класс флавоноидов обладает различными видами биологической активности, причем на значительном уровне. Флавоноиды оказывают огромное влияние на растительный метаболизм.

Если сравнивать плоды/пюре/смзков из ягод черной смородины, то экстракты, полученные из измельченных плодов ягоды, показал самые низкие значения общего содержания флавоноидов из изученных (рисунок 7).

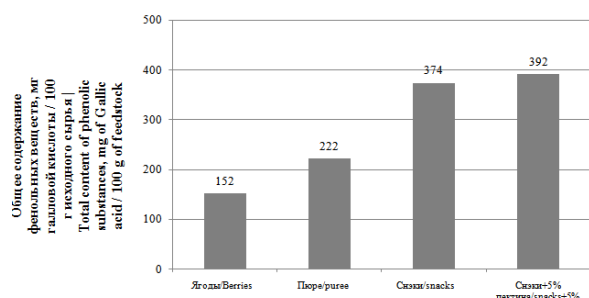


Рисунок 7. Результаты определения общего содержания флавоноидов в ягодах, пюре, смзках черной смородины

Figure 7. Results of determination of the total content of flavonoids in berries, puree, snacks of black currant

Анализируя данные по показателю общего содержания флавоноидов, можно отметить весьма различные уровни четырех экстракций плодов/пюре/смзков из ягод. По показателям содержания флавоноидов экстракты плодов и пюре имеют небольшие, но различия. Высокими показателями общего содержания флавоноидов обладают экстракты смзков с добавлением структурообразователя (пектин 5%) черной смородины.

Антоцианы относятся к основной группе соединений, являющихся водорастворимыми пигментами в природе. Именно они придают фруктам и овощам голубую, фиолетовую, пурпурную, оранжевую, розовую окраски. Но, кроме того, этот класс соединений обладает как антиоксидантным действием, так и различными видами биологической активности и возможностью профилактики таких заболеваний, как рак, диабет, артрит и сердечно-сосудистые расстройства.

Согласно полученным данным можно выстроить ряд экстрактов плодов/пюре/смзков из ягод по убыванию показателя: экстракты смзков со структурообразователем (пектин 5%) ягоды > экстракты смзков ягоды > экстракты пюре ягоды > экстракты ягоды (рисунок 8). Интересно отметить, что экстракты смзков со структурообразователем (пектин 5%) ягоды из черной смородины все также удерживают первую позицию.

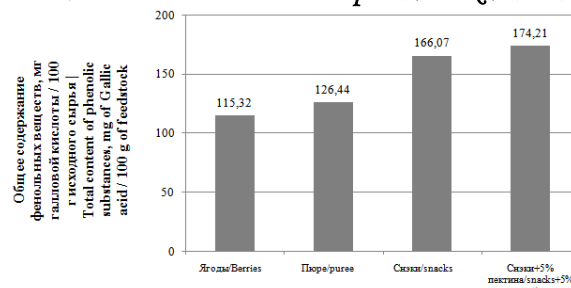


Рисунок 8. Результаты определения общего содержания антоцианов в ягодах, пюре, смзках черной смородины

Figure 8. Results of determination of the total content of anthocyanins in berries, puree, snacks of black currant

Фенольные соединения – это важный класс, имеющий различные виды биологической активности.

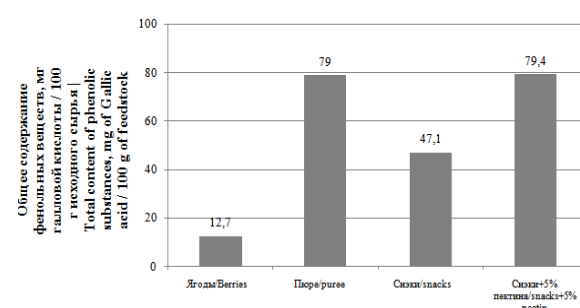


Рисунок 9. Результаты определения антирадикальной активности по методу DPPH в ягодах, пюре, смзках черной смородины

Figure 9. Results of determination of antiradical activity by DPPH method in berries, puree, black currant snacks

Высокие значения в данном методе показал экстракт пюре ягоды черной смородины (рисунок 9), последнее место все также занимает исходное сырье.

После полученной информации следует учесть то, что после употребления печенья со структурообразователем (пектин 5%), стоит выпить большое количество воды для лучшего его усвоения.

Показатель восстанавливающей силы характеризует способность антиоксидантов тормозить катализирующее действие ионов металлов в реакциях окисления.

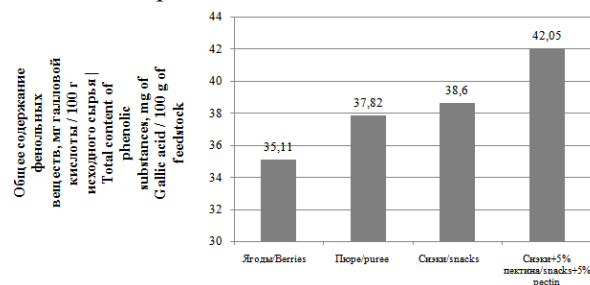


Рисунок 10. Результаты определения общего содержания FRAP значения в ягодах, пюре, смзках черной смородины

Figure 10. Results of determination of the total content of FRAP-value in berries, puree, snacks of black currant

Значения FRAP для экстрактов тоже можно выстроить в ряд по убыванию, порядок при этом остался прежним. Самый высокий показатель у печени со структурообразователем (пектин 5%), следующее место занимает печень, включает таблицу исходное сырье из черной смородины (рисунок 10). По данным исследований можно сделать вывод о том, что способность тормозить катализирующее действие ионов металлов в реакциях окисления у экстрактов пюре черной смородины, а также у исходного сырья – самое низкое.

Заключение

Ягоды черной смородины и продукты её переработки содержат водорастворимые и спирторастворимые химические соединения, обладающие антиоксидантными свойствами. В процессе переработки необходимо учитывать

особенности химического состава сырья, вида растворителя.

Выявлено, что в процессе хранения происходит изменение химического состава ягод черной смородины, при этом увеличивается содержание сухих растворимых веществ, что в дальнейшем благоприятно влияет на диффузию при получении экстрактов.

Антиоксидантные свойства черной смородины при хранении не изменяются, имеется небольшое увеличение содержания антоцианов в ягодах, изучаемых после хранения.

Также следует сделать вывод о том, что ягоды, которые подверглись сублимационной сушке, показали лучшее удерживание витамина С, антиоксидантную способность, антоцианов и фенолов, чем те, над которыми происходило воздействие горячим воздухом или во время механического воздействия при температуре 70 °С.

Литература

- 1 Orsavová J., Hlaváčová I., Mlček J., Snopek L. et al. Contribution of phenolic compounds, ascorbic acid and vitamin E to antioxidant activity of currant (*Ribes L.*) and gooseberry (*Ribes uva-crispa L.*) fruits // *Food Chemistry*. 2019. V. 284. P. 323–333.
- 2 Xu Y., Liu G., Yu Z., Song X. et al. Purification, characterization and antiglycation activity of a novel polysaccharide from black currant // *Food Chemistry*. 2016. V. 199. P. 694–701.
- 3 Mikulic-Petkovsek M., Slatnar A., Schmitzer V., Stampar F. et al. Chemical profile of black currant fruit modified by different degree of infection with black currant leaf spot // *Scientia Horticulturae*. 2013. V. 150. P. 399–409.
- 4 Mikulic-Petkovsek M., Koron D., Veberic R. Quality parameters of currant berries from three different cluster positions // *Scientia Horticulturae*. 2016. V. 210. P. 188–196.
- 5 Mattila P.H., Hellström J., Karhu S., Pihlava J.-M. et al. High variability in flavonoid contents and composition between different North-European currant (*Ribes spp.*) varieties // *Food Chemistry*. 2016. V. 204. P. 14–20.
- 6 Burgos-Edwards A., Jiménez-Aspeeb F., Theoduloz C., Schmeda-Hirschmann G. Colonic fermentation of polyphenols from Chilean currants (*Ribes spp.*) and its effect on antioxidant capacity and metabolic syndrome-associated enzymes // *Food Chemistry*. 2018. V. 258. P. 144–155.
- 7 Bakowska-Barczak A.M., Kolodziejczyk P.P. Black currant polyphenols: Their storage stability and microencapsulation // *Industrial Crops and Products*. 2011. V. 34. P. 1301–1309.
- 8 Paunović S.M., Mašković P., Nikolić M., Miletić R. Bioactive compounds and antimicrobial activity of black currant (*Ribes nigrum L.*) berries and leaves extract obtained by different soil management system // *Scientia Horticulturae*. 2017. V. 222. P. 69–75.
- 9 Jiménez-Aspee F., Theoduloz C., Vieira M.N., Rodríguez-Werner M.A. et al. Phenolics from the Patagonian currants *Ribes spp.*: Isolation, characterization and cytoprotective effect in human AGS cells // *ScienceDirect*. 2016. V. 26. P. 11–26.
- 10 Xie L., Mujumdar A.S., Fang X.-M., Wang J. et al. Far-infrared radiation heating assisted pulsed vacuum drying (FIR-PVD) of wolfberry (*Lycium barbarum L.*): Effects on drying kinetics and quality attributes // *Food and Bioprocess Technology*. 2017. V. 102. P. 320–331.
- 11 Michalska A., Wojdyło A., Łysiak G.P., Lech K. et al. Functional relationships between phytochemicals and drying conditions during the processing of blackcurrant pomace into powders // *Advanced Powder Technology*. 2017. V. 28. P. 1340–1348.
- 12 Nikolidaki E.K., Chiou A., Christea M., Gkegka A.P. et al. Sun dried Corinthian currant (*Vitis Vinifera L.*, var. Apyrena) simple sugar profile and macronutrient characterization // *Food Chemistry*. 2017. V. 221. P. 365–372.
- 13 Šumic Z., Vakula A., Tepic A., Cakarevic J. et al. Modeling and optimization of red currants vacuum drying process by response surface methodology (RSM) // *Food Chemistry*. 2016. V. 203. P. 465–475.
- 14 Gagneten M., Corfield R., Mattson M.G., Sozzi A. et al. Spray-dried powders from berries extracts obtained upon several processing steps to improve the bioactive components content // *Powder Technology*. 2019. V. 342. P. 1008–1015.
- 15 Nowak A., Czyżowska A., Efenberger M., Krala L. Polyphenolic extracts of cherry (*Prunus cerasus L.*) and blackcurrant (*Ribes nigrum L.*) leaves as natural preservatives in meat products // *Food Microbiology*. 2016. V. 59. P. 142–149.
- 16 ГОСТ 33407–2015. Определение содержания фенольных и фурановых соединений методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.
- 17 ГОСТ Р 55312–2012. Метод определения флавоноидных соединений.
- 18 ГОСТ 32709–2014. Продукция соковая. Методы определения антоцианинов.
- 19 ГОСТ ISO 750–2013. Продукты переработки фруктов и овощей. Титруемая кислотность.
- 20 ГОСТ 28562–90. Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ.

- 21 ГОСТ Р 54014–2010. Продукты пищевые функциональные. Определение растворимых и нерастворимых пищевых волокон ферментативно-гравиметрическим методом.
- 22 ГОСТ 8756.13–87. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров.
- 23 ГОСТ 24556–89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С.
- 24 Zdunić G., Šavikin K., Pljevljakušić D., Djordjević B. Black (*Ribes nigrum* L.) and Red Currant (*Ribes rubrum* L.) Cultivars // Nutritional Composition of Fruit Cultivars. 2016. V. 10. P. 101–126.
- 25 Petrov N., Maslennikova G.A. Physical and chemical aspects of vacuum drying of berry raw materials // Foods and Raw Materials. 2016. V. 26. P. 129–134.

References

- 1 Orsavová J., Hlaváčová I., Mlček J., Snopek L. et al. Contribution of phenolic compounds, ascorbic acid and vitamin E to antioxidant activity of currant (*Ribes* L.) and gooseberry (*Ribes uva-crispa* L.) fruits. Food Chemistry. 2019. vol. 284. pp. 323–333.
- 2 Xu Y., Liu G., Yu Z., Song X. et al. Purification, characterization and antiglycation activity of a novel polysaccharide from black currant. Food Chemistry. 2016. vol. 199. pp. 694–701.
- 3 Mikulic-Petkovsek M., Slatnar A., Schmitzer V., Stampar F. et al. Chemical profile of black currant fruit modified by different degree of infection with black currant leaf spot. Scientia Horticulturae. 2013. vol. 150. pp. 399–409.
- 4 Mikulic-Petkovsek M., Koron D., Veberic R. Quality parameters of currant berries from three different cluster positions. Scientia Horticulturae. 2016. vol. 210. pp. 188–196.
- 5 Mattila P.H., Hellström J., Karhu S., Pihlava J.-M. et al. High variability in flavonoid contents and composition between different North-European currant (*Ribes* spp.) varieties. Food Chemistry. 2016. vol. 204. pp. 14–20.
- 6 Burgos-Edwards A., Jiménez-Aspeeb F., Theoduloz C., Schmeda-Hirschmann G. Colonic fermentation of polyphenols from Chilean currants (*Ribes* spp.) and its effect on antioxidant capacity and metabolic syndrome-associated enzymes. Food Chemistry. 2018. vol. 258. pp. 144–155.
- 7 Bakowska-Barczak A.M., Kolodziejczyk P.P. Black currant polyphenols: Their storage stability and microencapsulation. Industrial Crops and Products. 2011. vol. 34. pp. 1301–1309.
- 8 Paunović S.M., Mašković P., Nikolić M., Miletić R. Bioactive compounds and antimicrobial activity of black currant (*Ribes nigrum* L.) berries and leaves extract obtained by different soil management system. Scientia Horticulturae. 2017. vol. 222. pp. 69–75.
- 9 Jiménez-Aspee F., Theoduloz C., Vieira M.N., Rodríguez-Werner M.A. et al. Phenolics from the Patagonian currants *Ribes* spp.: Isolation, characterization and cytoprotective effect in human AGS cells. ScienceDirect. 2016. vol. 26. pp. 11–26.
- 10 Xie L., Mujumdar A.S., Fange X.-M., Wang J. et al. Far-infrared radiation heating assisted pulsed vacuum drying (FIR-PVD) of wolfberry (*Lycium barbarum* L.): Effects on drying kinetics and quality attributes. Food and Bioprocess Processing. 2017. vol. 102. pp. 320–331.
- 11 Michalska A., Wojdyło A., Łysiak G.P., Lech K. et al. Functional relationships between phytochemicals and drying conditions during the processing of blackcurrant pomace into powders. Advanced Powder Technology. 2017. vol. 28. pp. 1340–1348.
- 12 Nikolidaki E.K., Chiou A., Christea M., Gkegka A.P. et al. Sun dried Corinthian currant (*Vitis Vinifera* L., var. Apyrena) simple sugar profile and macronutrient characterization. Food Chemistry. 2017. vol. 221. pp. 365–372.
- 13 Šumic Z., Vakula A., Tepic A., Cakarevic J. et al. Modeling and optimization of red currants vacuum drying process by response surface methodology (RSM). Food Chemistry. 2016. vol. 203. pp. 465–475.
- 14 Gagneten M., Corfield R., Mattson M.G., Sozzi A. et al. Spray-dried powders from berries extracts obtained upon several processing steps to improve the bioactive components content. Powder Technology. 2019. vol. 342. pp. 1008–1015.
- 15 Nowak A., Czyzowska A., Efenberger M., Krala L. Polyphenolic extracts of cherry (*Prunus cerasus* L.) and blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) leaves as natural preservatives in meat products. Food Microbiology. 2016. vol. 59. pp. 142–149.
- 16 GOST 33407–2015. The definition of the content of phenolic and furan compounds by high performance liquid chromatography. (in Russian).
- 17 GOST R 55312–2012. Method of determination of flavonoid compounds. (in Russian).
- 18 GOST 32709–2014. Juice Products. Methods for determining anthocyanins. (in Russian).
- 19 GOST ISO 750–2013 Products of processing fruits and vegetables. Titratable acidity. (in Russian).
- 20 GOST 28562–90. Fruit and vegetable processing Products. Refractometric method for determination of soluble solids. (in Russian).
- 21 GOST R 54014–2010. Functional food Products. Determination of soluble and insoluble dietary fibers by enzymatic gravimetric method. (in Russian).
- 22 GOST 8756.13–87. Fruit and vegetable processing Products. Methods for determining sugars. (in Russian).
- 23 GOST 24556–89. Fruit and vegetable processing Products. Methods for determining vitamin C. (in Russian).
- 24 Zdunić G., Šavikin K., Pljevljakušić D., Djordjević B. Black (*Ribes nigrum* L.) and Red Currant (*Ribes rubrum* L.) Cultivars. Nutritional Composition of Fruit Cultivars. 2016. vol. 10. pp. 101–126.
- 25 Petrov N., Maslennikova G.A. Physical and chemical aspects of vacuum drying of berry raw materials. Foods and Raw Materials. 2016. vol. 26. pp. 129–134.

Сведения об авторах

Надежда В. Макарова д.х.н., профессор, кафедра технологии и организации общественного питания, Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская 244, г. Самара, 443100, Россия, makarovnv1969@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-00112-0085>

Динара Ф. Игнатова к.т.н., кафедра технологии и организации общественного питания, Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, Россия, dinara-bakieva@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1478-039X>

Екатерина А. Васильева аспирант, кафедра технологии и организации общественного питания, Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, Россия, katerinavasileva99@yahoo.com

 <https://orcid.org/0000-0002-5250-7677>

Юлия И. Солина студент, кафедра технологии и организации общественного питания, Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, Россия, u.solina@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3254-9463>

Елена А. Елисеева студент, кафедра технологии и организации общественного питания, Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, Россия, e11seevaml@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9179-2194>

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Nadezhda V. Makarova Dr. Sci. (Chem.), Professor, technology and organization of catering department, Samara State Technical University, ul. Molodogvardeiskaya str., 244, Samara, 443100, Russia, makarovnv1969@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-00112-0085>

Dinara F. Ignatova Cand. Sci. (Engin.), technology and organization of catering department, Samara State Technical University, Molodogvardeiskaya str., 244, Samara, 443100, Russia, dinara-bakieva@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1478-039X>

Vasilieva A. Ekaterina graduate student, technology and organization of catering department, Samara State Technical University, Molodogvardeiskaya str., 244, Samara, 443100, Russia, katerinavasileva99@yahoo.com

 <https://orcid.org/0000-0002-5250-7677>

Yuliay I. Solina student, technology and organization of catering department, Samara State Technical University, Molodogvardeiskaya str., 244, Samara, 443100, Russia, u.solina@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3254-9463>

Elena A. Eliseeva student, technology and organization of catering department, Samara State Technical University, Molodogvardeiskaya str., 244, Samara, 443100, Russia, e11seevaml@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9179-2194>

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 22/07/2019	После редакции 31/07/2019	Принята в печать 14/08/2019
Received 22/07/2019	Accepted in revised 31/07/2019	Accepted 14/08/2019

Микробиологические аспекты влияния НЧ Fe на организм крыс Wistar

Анастасия М. Короткова	^{1,2}	anastasiapov@mail.ru	 0000-0002-7981-7245
Ольга В. Кван	²	kwan111@yandex.ru	 0000-0003-0561-7002
Ирина А. Вершинина	^{1,2}	gavrish.irina.ogu@gmail.com	 0000-0002-9377-7673
Святослав В. Лебедев	^{1,2}	Lsv74@list.ru	 0000-0001-9485-7010

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

Аннотация. Важным путём поступления металлов из препаратов НЧ является путь через поглощение бактериальными клетками желудочно-кишечного тракта. При этом изменяется состав микрофлоры. Так, дача животным НЧ Cu сопровождается увеличением общего количества бактерий и лактобактерий и снижением популяции *E. coli* и *Clostridium spp.* При попадании в кишечник часть УДЧ способна формировать пул на внутренней стенке кишечника, в связи с чем может взаимодействовать с микроорганизмами, населяющими ЖКТ. Как известно, кишечная микробиота играет жизненно важную роль в питательных и иммунологических функциях животных-хозяев. Однако в литературе пока недостаточно данных о влиянии НЧ на микробиоценоз кишечника различных представителей животного мира и человека. Цель исследования – изучение влияния наночастиц Fe, введенных *per os*, на представителей основных физиологических групп микроорганизмов. По принципу аналогов были отобраны 30 крыс-самцов линии Wistar в возрасте 4 месяцев, одинаковых по массе (от 180 до 250 г), физиологическому состоянию, находившихся в предшествующий опыту период в условиях сбалансированного питания по рекомендациям. Препараты НЧ Fe для введения *per os* готовили в изотоническом физиологическом растворе, обрабатывая в течение 30 мин на ультразвуковом диспергаторе. Наночастицы в необходимом количестве смешивали с рисом. Периодичность дачи НЧ Fe животным с целью коррекции микробиоценоза при дефицитных диетах составляет 1 раз в 7 дней. При этом введение 10 мг железа на кг веса животного показало наилучшие результаты.

Ключевые слова: наночастицы, Fe, микробиоценоз кишечника, микрофлора, элементный состав

Microbiological aspects of the effect of Fe NPs on Wistar rats

Anastasia M. Korotkova	^{1,2}	anastasiapov@mail.ru	 0000-0002-7981-7245
Olga V. Kvan	²	kwan111@yandex.ru	 0000-0003-0561-7002
Irina A. Vershinina	^{1,2}	gavrish.irina.ogu@gmail.com	 0000-0002-9377-7673
Svyatoslav V. Lebedev	^{1,2}	Lsv74@list.ru	 0000-0001-9485-7010

¹ Orenburg State University, Orenburg, Pobedy sq., 13

² Federal Research Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St.,

Orenburg 460000, Russia

Abstract. An important route of metal intake from NP preparations is the pathway through absorption by bacterial cells of the gastrointestinal tract. This changes the composition of the microflora. Thus, giving animals NP Cu is accompanied by an increase in the total number of bacteria and lactobacilli, and a decrease in the population of *E. coli* and *Clostridium spp.* When it enters the intestine, part of the NP is able to form a pool on the inner wall of the intestine, in connection with which it can act with microorganisms inhabiting the gastrointestinal tract. The intestinal microbiota is known to play a vital role in the nutritional and immunological functions of host animals. However, in the literature there is not enough data on the influence of NP on the intestinal microbiocenosis of various representatives of the animal world and humans. The aim of the study is to study the effect of Fe nanoparticles introduced by *per os* on representatives of the main physiological groups of microorganisms. 30 male Wistar rats aged 4 months, identical in weight (from 180 g), were selected on the basis of analogues. up to 250 g.), physiological state, were in the previous period of experience in a balanced diet on the recommendations. Preparations of NP Fe for the introduction of *per os* were prepared in isotonic saline solution, treated for 30 minutes on an ultrasonic dispersant. Nanoparticles in the required amount were mixed with rice. The frequency of giving NP Fe to animals in order to correct microbiocenosis with deficient diets is 1 time in 7 days. In this case, the introduction of 10 mg of iron per kg of animal weight showed the best results.

Keywords: nanoparticles, Fe, intestinal microbiocenosis, microflora, trace elements

Введение

Нанотехнологии сегодня являются одной из наиболее быстро развивающихся отраслей науки и техники. Во многом это обусловлено уникальными свойствами наночастиц, обладающих в одном из трех измерений размерностью

Для цитирования

Короткова А.М., Кван О.В., Вершинина И.А., Лебедев С.В. Микробиологические аспекты влияния НЧ Fe на организм крыс Wistar // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 168–173. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-168-173

менее 100 нм. Перспективность использования наночастиц и наночастиц (НЧ) объектов связана с отличием их физико-химических и биологических свойств как от свойств объектов в макрофазах, так и свойств отдельных атомов, в частности: низкая токсичность и высокая биодоступность

For citation

Korotkova A.M., Kvan O.V., Vershinina I.A., Lebedev S.V. Microbiological aspects of the effect of Fe NPs on Wistar rats. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 168–173. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-168-173

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

при размерности около 100 нм [1–3]. Данные характеристики -НЧ объективно определили появление новых источников микроэлементов на их основе, целесообразность использования которых в составе рационов для животных и птиц демонстрируется рядом работ [4, 5]. Высокая биодоступность в сравнении с традиционно применяемыми источниками микроэлементов позволяет говорить о возможности создания препаратов – микроэлементов на основе наночастиц. Значительный интерес представляет использование некоторых нутриентов (в особенности минеральных веществ, витаминов и антиоксидантов) в форме НЧ [6, 7], что позволяет не только улучшить усвояемость пищевых веществ в составе обогащенных продуктов и биологически активных добавок к пище, но и в значительном числе случаев избежать эффектов химической или биологической несовместимости нутриентов.

Важным путём поступления металлов из препаратов НЧ является путь через поглощение бактериальными клетками желудочно-кишечного тракта [8, 9]. При этом изменяется состав микрофлоры. Так, дача животным НЧ Cu сопровождается увеличением общего количества бактерий и лактобактерий, и снижением популяции *E. coli* и *Clostridium spp.* [10]. При попадании в кишечник часть УДЧ способна формировать пул на внутренней стенке кишечника [11], в связи с чем может взаимодействовать с микроорганизмами, населяющими ЖКТ. Как известно, кишечная микробиота играет жизненно важную роль в питательных и иммунологических функциях животных-хозяев [12].

Однако в литературе пока недостаточно данных о влиянии НЧ на микробиоценоз кишечника различных представителей животного мира и человека.

Цель исследования – изучение влияния наночастиц Fe, введенных per os на представителей основных физиологических групп микроорганизмов.

Материалы и методы

В исследовании были использованы наночастицы Fe, диаметр 100 ± 10 нм получен методом электрического взрыва проводника в атмосфере аргона (ООО «Передовые порошковые технологии», Россия).

Эксперименты выполняли в соответствии с протоколами Женевской конвенции и принципами надлежащей лабораторной практики [ГОСТ Р 53434–2009], а также с инструкциями, рекомендуемыми «The Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» [National Academy Press Washington, D.C. 1996]. Уход за животными осуществлялся согласно правилам лабораторной практики при проведении доклинических исследований в РФ [ГОСТ 3 51000.4–96].

Соблюдались требования гуманного обращения с животными [13]. В эксперименте применялись стандартные процедуры эксплуатации биообъектов.

Схема исследования. По принципу аналогов были отобраны 30 крыс-самцов линии Wistar в возрасте 4 месяцев, одинаковых по массе (от 180 до 250 г), физиологическому состоянию, находившихся в предшествующий опыту период в условиях сбалансированного питания по рекомендациям [14].

Животные были размещены в аттестационном виварии Института биоэлементологии Оренбургского государственного университета. Виварий укомплектован всем необходимым оборудованием и компетентным персоналом. Ветеринарные требования соблюдены.

В период эксперимента подопытные животные находились в одинаковых условиях содержания.

Дозы для перорального введения были выбраны исходя из литературных данных, что для человека необходимая физиологическая доза составляет от 5 до 20 мг в сутки. Таким образом, нами были выбраны дозы в 5; 10 и 20 мг, затем дозы были пересчитаны на вес крысы.

Препараты НЧ Fe для введения per os готовили в изотоническом физиологическом растворе, обрабатывая в течение 30 мин на ультразвуковом диспергаторе УЗДН-2Т («НПП Академприбор», Россия) (5 кГц, 300 Вт, 10 мкА). Наночастицы в необходимом количестве смешивали с рисом.

Рационы и корма. Животные всех группы получали полусинтетический рацион, включавший рис полированный вареный 30 г; сахара 1 г; соевый концентрат 1,25 г; масло растительное рафинированное 1 г. Поение осуществлялось бидистиллированной водой. Минеральную обеспеченность осуществляли путем добавления смеси жирорастворимых витаминов.

Микробиологический анализ кала. Бактериологическое исследование кала проводилось путем исследования фекалий при высеве их в разведении 10^{-4} в 1 мл на среды МПА, Эндо, желточно-солевой агар, висмут-сульфит агар, бифидоагар и среду Рогоза при соответствующих условиях инкубации (таблица 1). Количественный состав всех видов микроорганизмов в 1 г фекалий определяли по формуле: $S = N \cdot L \cdot B$, где S – количество микроорганизмов в 1 г фекалий; N – количество колоний, выросших на чашке; A – коэффициент посевной дозы; B – степень разведения материала [10].

Морфология и биохимия крови. Морфологический состав крови определяли на автоматическом гематологическом анализаторе URIT-2900 Vet Plus («URIT Medical Electronic Group Co., Ltd», Китай), биохимический анализ крови проводился на автоматическом биохимическом анализаторе CS-T240 («DIRUI Industrial Co., Ltd», Китай) с применением коммерческих биохимических наборов для ветеринарии ДиаВетТест (Россия).

Элементный анализ. Элементный состав биоматериалов (костная и мышечная ткани, шкура) исследовали на содержание 20 химических элементов (Al, As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, I, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Sr, V, Zn). Использовали методы атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии (АЭС-ИСП и МС-ИСП) на оборудовании Elan 9000 (Perkin Elmer, США)

и Optima 2000 V (Perkin Elmer, США). Анализ образцов проводили в лаборатории АНО «Центра биотической медицины» (Registration Certificate of ISO 9001: 2000, Number 4017–5.04.06) [15].

Статистическая обработка. Статистический анализ результатов проводился при помощи пакета статистических программ Statistica 10, включая определение средней арифметической величины (M), стандартной ошибки средней (m), корреляционного

анализа и методики ANOVA (дисперсионный анализ) [15]. Параметр P < 0,05 как предел значимости.

Результаты и обсуждение

Кормление подопытных животных осуществлялось в соответствии с рекомендациями Института питания РАМН [10], все потребности в питательных веществах были восполнены за счет смеси витаминов.

Таблица 1.

Количество КОЕ/г, млн в кале крыс

Table 1.

The number of CFU / g, million in feces of rats

Образец Sample	ОМЧ TMN	Энтеробактерии Enterobacteria	Стафилококки Staphylococci	Бифидобактерии Bifidobacteria	Лактобактерии Lactobacilli	Сальмонеллы Salmonella
7 сут – к 7 day – control	0,65 ± 0,15	0,05 ± 0,02	0,31 ± 0,04	0,05 ± 0,01	0,36 ± 0,06	0,02 ± 0,01
7 сут – 5 мг 7 day – 5 mg	2,4 ± 0,35*	2,93 ± 0,1*	1,02 ± 0,08*	5,17 ± 0,05*	1,27 ± 0,16*	0,06 ± 0,6*
7 сут – 10 мг 7 day – 10 mg	2,1 ± 0,25*	0,09 ± 0,02	0,44 ± 0,04	6,54 ± 0,08*	1,10 ± 0,2*	0,05 ± 0,01
7 сут – 20 мг 7 day – 20 mg	1,32 ± 0,20	1,53 ± 0,06*	1,15 ± 0,05*	0,97 ± 0,03*	0,48 ± 0,07	0,05 ± 0,5*
14 сут – к 14 day – control	0,84 ± 0,06	0,05 ± 0,02	0,40 ± 0,02	0,03 ± 0,01	0,14 ± 0,04	0,01 ± 0,003
14 сут – 5 мг 14 day – 5 mg	1,60 ± 0,1	0,04 ± 0,01	0,92 ± 0,05	0,55 ± 0,15*	0,07 ± 0,04	0,09 ± 0,05
14 сут – 10 мг 14 day – 10 mg	2,05 ± 0,05*	0,06 ± 0,02*	0,50 ± 0,01	5,07 ± 0,5*	0,71 ± 0,11	0,08 ± 0,2
14 сут – 20 мг 14 day – 20 mg	1,15 ± 0,05	0,16 ± 0,03	0,99 ± 0,03*	0,30 ± 0,02	0,04 ± 0,01	0,01 ± 0,003
Фон background	86,67 ± 10***	35,97 ± 4***	60,47 ± 10,5***	4,73 ± 0,4***	5,47 ± 2***	0,7 ± 0,1
* ** и *** – по сравнению с контролем *, ** and *** - compared to control						

Как видно из таблицы, общее количество микроорганизмов выросло на 7-е сут по сравнению с контролем в 3,69; 3,23 и 2,03 раза для доз 5; 10 и 20 мг Fe соответственно. На 14-е сут динамика прироста уменьшилась и ОМЧ было выше контроля в 1,90; 2,44 и 1,36 раза. Но рост общей численности микроорганизмов не может четко охарактеризовать процессы, происходящие в кишечнике при даче НЧ. Таким образом, был произведен высеив кала с целью оценки численности различных физиологических групп.

Группа энтеробактерий, включающая сальмонеллы, шигеллы, эшерихии, клебсиеллы, собственно энтеробактер, серрации, протей, морганеллы, провиденции и иерсинии, в норме обитает в желудочно-кишечном тракте человека, но при снижении защитных свойств слизистой кишечника может вызывать инфекции желудочно-кишечного тракта или других органов. Энтеробактерии являются резидентными представителями нормальной фекальной флоры человека, при этом (наряду с *E. coli*) *Enterobacter*, *Klebsiella* и *Proteus* составляют преобладающую

часть факультативных анаэробов этой флоры. В эксперименте на 7-е сут опытные группы превосходили контроль по числу энтеробактерий: в 293 и 153 раза для доз 5 и 20 мг Fe соответственно. В то же время в группе, получавшей 10 мг железа, количество энтеробактерий не отличалось от контроля. Однако на 14-е сут количество энтеробактерий значительно уменьшилось по сравнению с контролем: так, при дозе 5 количество энтеробактерий меньше контроля в 1,25 раза, а для доз 20 мг выше в 3,2 раза. Количество стафилококков в образцах в группе 10 мг железа статистически не отличалось от контрольных значений.

Стафилококки являются частью нормальной микрофлоры кишечника. Однако при снижении иммунитета стафилококки могут активно размножаться, выделяя токсины, что ведет к развитию токсикоинфекций. В нашем эксперименте на 7-е день количество стафилококков было выше контроля в 3,29 и 3,7 раза для доз 5 и 20 мг Fe соответственно. На 14-й день – в 2,3 и 2,4 раза выше для доз 5 и 20 мг Fe соответственно

по сравнению с контролем. В группе, получавшей 10 мг железа, на 7-е и 14-е сут статистически значимых изменений отмечено не было. В целом наблюдалась динамика уменьшения количества КОЕ стафилококков на 14-й день в опытных группах по сравнению с 7-м днем.

Являясь доминирующей микрофлорой у здорового человека, бифидобактерии обеспечивают процессы обмена белков и жиров, участвуют в регуляции минерального обмена и синтезе витаминов групп В и К. Кроме того, бифидобактерии проявляют активность против патогенных штаммов, вырабатывая специфические органические кислоты антимикробного действия. Пониженное количество бифидобактерий может вызвать ферментативную, метаболическую и антиоксидантную дисфункцию, а также нарушение колонизационной резистентности и иммунного ответа на патогенную микрофлору. В эксперименте отмечено преимущественное стимулирование роста количества бифидобактерий по сравнению с контролем в 103,4; 130,8 и 19,4 раза для доз 5; 10 и 20 мг Fe соответственно на 7-е сут. На 14-е сут количество КОЕ бифидобактерий было выше контроля в 18,3; 169 и 10 раз для доз 5; 10 и 20 мг Fe соответственно.

Лактобактерии являются облигатными представителями микрофлоры кишечника. На 7-е сут по сравнению с контролем наблюдали рост числа лактобактерий в 3,52; 3,05 и 1,33 раза для доз 5; 10 и 20 мг Fe соответственно. На 14-е сут по сравнению с контролем, наблюдали рост числа лактобактерий при дозе 10 мг в 5,07 раза, тогда как для дозы 5 и 20 мг наблюдали снижение числа лактобактерий в 2,0 и 1,75 раза соответственно, по сравнению с контролем.

Количество сальмонелл во всех опытных группах не превышало контрольных значений.

В литературе можно найти данные о том, что железодефицитная анемия способствует нарушению баланса микрофлоры в кишечнике.

Прием же препаратов, восполняющих дефицит железа, способствовал восстановлению нарушенного микробиоценоза кишечника [16].

Опираясь на литературные данные, стоит отметить, что железо (как и другие элементы) в наноформе обладает другими физико-химическими и биологическими характеристиками, в том числе более высокой биодоступностью и пролонгированностью действия.

При этом интенсивность процесса высвобождения металлов из наноформ ниже в сравнении с ионными формами, но это достоинство, которое позволяет рассматривать наночастицы металлов как выгодную альтернативу минеральным солям. Ранее это стало основанием для объяснения перспектив наноматериалов как источников микроэлементов в сравнении с солями. Относительно медленное высвобождение железа из наноформ может быть преимуществом при значительном поступлении источников железа в пищеварительный тракт, что наблюдается после абсорбции терапевтических доз растворимого железа [17]. Однако, исходя из трудоёмкости и нецелесообразности частого инъекционного введения препаратов железа, пероральный путь введения наночастиц, в том числе наночастиц железа, является предпочтительным.

Заключение

Периодичность дачи НЧ Fe животным с целью коррекции микробиоценоза при дефицитных диетах составляет 1 раз в 7 дней. При этом введение 10 мг железа на кг веса животного показало наилучшие результаты.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках научного проекта № 0743-2017-0002 (6.6811.2017/8.9) и Российского Фонда фундаментальных исследований № 18-316-00116.

Литература

- 1 Томилина И.И., Гремячих В.А., Гребенюк Л.П., Смирнов Е.А. и др. Изменение биологических параметров пресноводных гидробионтов при действии различных кристаллических модификаций наночастиц диоксида титана // Биология внутренних вод. 2015. № 3. С. 80–90.
- 2 Урынбаева Г.Н., Бактыгалиева А.Т., Джуламанов К.М. Интенсификация развития мясного скотоводства России // Вестник мясного скотоводства. 2014. № 4(87). С. 16–20.
- 3 Arai Y., Miyayama T., Hirano S. Difference in the toxicity mechanism between ion and nanoparticle forms of silver in the mouse lung and in macrophages // Toxicology. 2015. V. 328. P. 84–92.
- 4 Lebedev S., Gavrish I.A., Gubaydullina I.Z. Different chrome sources influence on morphobiochemical indicators and activity of digestive enzymes in wistar rats // Agricultural Biology. 2019. V. 54. №. 2. P. 304–315.
- 5 Miroshnikova E., Arinzhonov A., Kilyakova Y., Sizova E. et al. Antagonist metal alloy nanoparticles of iron and cobalt: impact on trace element metabolism in carp and chicken // Human & Veterinary Medicine. 2015. № 4. P. 253–259.
- 6 Kucheruk M.D., Zasiakin D.A. Effect of colloidal silver nanoparticles on broiler chickens gut microbiota // Ukrainian Journal of Ecology. 2017. V. 7. № 1. P. 71–76.

- 7 Bondarenko O.M. Bacterial polysaccharide levan as stabilizing, non-toxic and functional coating material for microelement-nanoparticles // Carbohydrate polymers. 2016. V. 136. P. 710–720.
- 8 Peralta-Videa J.R., Hernandez-Viezcas J.A., Zhao L., Diaz B.C. et al. Cerium dioxide and zinc oxide nanoparticles alter the nutritional value of soil cultivated soybean plants // Plant Physiology and Biochemistry. 2014. V. 80. P. 128–135.
- 9 Talankova-Sereda T.E., Lyapina K.V., Shkopinsky E.A., Ustinov A.I. et al. Influence of Cu and Co nanoparticles on growth characteristics and biochemical structure of *Mentha longifolia* in vitro // Nanophysics, nanophotonics, surface studies and applications. 2016. P. 427–436.
- 10 Guo Z., Martucci N.J., Moreno-Olivas F., Tako E. et al. Titanium dioxide nanoparticle ingestion alters nutrient absorption in an in vitro model of the small intestine // NanoImpact. 2017. V. 5. P. 70–82.
- 11 Kumari P., Ghosh B., Biswas S. Nanocarriers for cancer-targeted drug delivery // Journal of drug targeting. 2016. V. 24. № 3. P. 179–191.
- 12 Lu K., Mahbub R., Fox J.G. Xenobiotics: interaction with the intestinal microflora // ILAR journal. 2015. V. 56. № 2. P. 218–227.
- 13 Горохов Д. Б. Современное законодательство в сфере содержания, использования и охраны животных // Журнал российского права. 2017. № 4 (244). С. 138–153.
- 14 Ko J.W., Hong E.T., Lee I.C., Park S.H. et al. Evaluation of 2-week repeated oral dose toxicity of 100 nm zinc oxide nanoparticles in rats // Laboratory Animal Research. 2015. V. 31. № 3. P. 139–147.
- 15 Ammendolia M.G., Iosi F., Maranghi F., Tassinari R. et al. Short-term oral exposure to low doses of nano-sized TiO₂ and potential modulatory effects on intestinal cells // Food and Chemical Toxicology. 2017. № 102. P. 63–75.
- 16 Квашнина, Л.В., Родионов В.П., Матвиенко И.Н. Возможности коррекции дефицита железа и нарушений микробиоценоза кишечника у детей // Здоровье ребенка. 2016. № 6(74). С. 14–20.
- 17 Королев Д.В., Захарова Е.В., Евреинова Н.В., Торопова Я.Г. и др. Динамика естественного биораспределения магнитных наночастиц, полученных различными способами, при их однократном введении крысам стока wistar // Трансляционная медицина. 2016. № 3(4). С. 56–65.

References

- 1 Tomilina I.I., Gremyachikh V.A., Grebenyuk L.P., Smirnov E.A. et al. Changes in the biological parameters of freshwater aquatic organisms under the action of various crystalline modifications of titanium dioxide nanoparticles. Biology of Inland Waters. 2015. no 3. pp. 80–90. (in Russian).
- 2 Urynbayeva G.N., Baktygalieva A.T., Dzhalamanov K.M. Intensification of the development of beef cattle breeding in Russia. Bulletin of beef cattle breeding. 2014. no. 4 (87). pp. 16–20. (in Russian).
- 3 Arai Y., Miyayama T., Hirano S. Difference in the toxicity mechanism between ion and nanoparticle forms of silver in the mouse lung and in macrophages. Toxicology. 2015. vol. 328. pp. 84–92.
- 4 Lebedev S., Gavrish I.A., Gubaydullina I.Z. Different chrome sources influence on morphobiochemical indicators and activity of digestive enzymes in wistar rats. Agricultural Biology. 2019. vol. 54. no. 2. pp. 304–315.
- 5 Miroshnikova E., Arinzhonov A., Kilyakova Y., Sizova E. et al. Antagonist metal alloy nanoparticles of iron and cobalt: impact on trace element metabolism in carp and chicken. Human & Veterinary Medicine. 2015. no. 4. pp. 253–259.
- 6 Kucheruk M.D., Zasiakin D.A. Effect of colloidal silver nanoparticles on broiler chickens gut microbiota. Ukrainian Journal of Ecology. 2017. vol. 7. no. 1. pp. 71–76.
- 7 Bondarenko O.M. Bacterial polysaccharide levan as stabilizing, non-toxic and functional coating material for microelement-nanoparticles. Carbohydrate polymers. 2016. vol. 136. pp. 710–720.
- 8 Peralta-Videa J.R., Hernandez-Viezcas J.A., Zhao L., Diaz B.C. et al. Cerium dioxide and zinc oxide nanoparticles alter the nutritional value of soil cultivated soybean plants. Plant Physiology and Biochemistry. 2014. vol. 80. pp. 128–135.
- 9 Talankova-Sereda T.E., Lyapina K.V., Shkopinsky E.A., Ustinov A.I. et al. Influence of Cu and Co nanoparticles on growth characteristics and biochemical structure of *Mentha longifolia* in vitro. Nanophysics, nanophotonics, surface studies and applications. 2016. pp. 427–436.
- 10 Guo Z., Martucci N.J., Moreno-Olivas F., Tako E. et al. Titanium dioxide nanoparticle ingestion alters nutrient absorption in an in vitro model of the small intestine. NanoImpact. 2017. vol. 5. pp. 70–82.
- 11 Kumari P., Ghosh B., Biswas S. Nanocarriers for cancer-targeted drug delivery. Journal of drug targeting. 2016. vol. 24. no. 3. pp. 179–191.
- 12 Lu K., Mahbub R., Fox J.G. Xenobiotics: interaction with the intestinal microflora. ILAR journal. 2015. vol. 56. no. 2. pp. 218–227.
- 13 Gorokhov D. B. Modern lawmaking in the field of keeping, using and protecting animals. Journal of Russian Law. 2017. no. 4 (244). pp. 138–153. (in Russian).
- 14 Ko J.W., Hong E.T., Lee I.C., Park S.H. et al. Evaluation of 2 week repeated oral dose toxicity of 100 nm zinc oxide nanoparticles in rats. Laboratory Animal Research. 2015. vol. 31. no. 3. pp. 139–147.
- 15 Ammendolia M.G., Iosi F., Maranghi F., Tassinari R. et al. Short-term oral exposure to low doses of nano-sized TiO₂ and potential modulatory effects on intestinal cells. Food and Chemical Toxicology. 2017. no. 102. pp. 63–75.
- 16 Kвашнина, Л.В., Родионов В.П., Матвиенко И.Н. Possibilities for correcting iron deficiency and disorders of intestinal microbiocenosis in children. Child Health. 2016. no. 6 (74). pp. 14–20. (in Russian).
- 17 Korolev D.V., Zakharova E.V., Evreinova N.V., Toropova Ya.G. et al. Dynamics of the natural biodistribution of magnetic nanoparticles obtained by various methods upon their single administration to wistar runoff rats. Translational Medicine. 2016. no. 3 (4). pp. 56–65. (in Russian).

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

 <https://orcid.org/0000-0002-7981-7245>

Ольга В. Кван к.б.н., старший научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий российской академии наук, г. Оренбург, 9 Января, 29, kwan111@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>

Ирина А. Вершинина аспирант, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, пр. Победы, 13, gavrish.irina.ogu@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-9377-7673>

Святослав В. Лебедев д.б.н., профессор, кафедра биотехнологии животного сырья и аквакультуры, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, пр. Победы, 13, Lsv74@list.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9485-7010>

Вклад авторов

Анастасия М. Короткова обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Ольга В. Кван провела эксперимент, выполнила расчёты

Ирина А. Вершинина консультация в ходе исследования

Святослав В. Лебедев написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Anastasia 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

 <https://orcid.org/0000-0002-7981-7245>

Olga V. Kvan Cand. Sci. (Biol.), senior researcher, Federal Scientific Center of Biological systems and agro-technologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, 9 Yanvary 29, kwan111@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>

Irina A. Vershinina graduate student, Orenburg State University, Orenburg, Pobedy sq., 13, gavrish.irina.ogu@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-9377-7673>

Svyatoslav V. Lebedev Dr. Sci. (Biol.), biotechnology of animal raw materials and aquaculture department, Orenburg state university, Orenburg, Pobedy sq., 13, Lsv74@list.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9485-7010>

Contribution

Anastasia M. Korotkova review of the literature on an investigated problem

Olga V. Kvan conducted an experiment, performed computations

Irina A. Vershinina consultation during the study

Svyatoslav V. Lebedev wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 12/07/2019	После редакции 29/07/2019	Принята в печать 08/08/2019
Received 12/07/2019	Accepted in revised 29/07/2019	Accepted 08/08/2019

Сравнительная оценка влияния амарантового и кукурузного силосов на продуктивность коров молочной породы

Светлана В. Павленкова	¹	sveta5501pavlenkova@ya.ru	
Галина П. Шуваева	¹	gpshuv@mail.ru	
Лидия А. Мирошниченко	²	lidamir@mail.ru	
Татьяна В. Свиридова	¹	sviridovaty@ya.ru	
Ольга С. Корнеева	¹	korneeva-olgas@yandex.ru	 0000-0002-2863-0771
Анна А. Толкачева	¹	anna-biotech@yandex.ru	 0000-0003-0725-6482

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

² ООО «Русская Олива», ул. Лебедева, 4, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Применение в рационах лактирующих коров в зимне-стойловый период традиционного кукурузного силоса приводит не только к снижению продуктивности животных, но и качества молока. Увеличения этих показателей можно достичь, повышая качество кормов, в частности используя нетрадиционные культуры для силосования, одной из которых является амарант. Проведена сравнительная оценка влияния амарантового и кукурузного силосов на здоровье животных, биохимические показатели крови, продуктивность и качество молока в период зимовки. Научно-хозяйственный опыт проведен на базе КФХ И.И. Коровников, Хохольского района Воронежской области. Были заложены два варианта силоса: из зеленой массы амаранта в фазу молочно-восковой спелости семян и кукурузный силос. В опыте использовали две группы дойных коров голштино-фризской породы со средней продуктивностью около 4200 кг молока, отобранных по принципу аналогов. У коров обеих групп температура тела, частота сердечных сокращений и количество дыхательных движений в минуту, сокращение рубца находились в пределах нормы. При этом достоверной разницы по клинико – физиологическим показателям между опытной и контрольной группой не установлено как в начале, так и в конце опыта. Включение в рацион лактирующих коров высокобелкового амарантового силоса приводит к нормализации работы печени и, как следствие, нормализации всех обменных процессов. Амарантовый силос оказал положительное влияние и на качество молока. Так молоко, полученное от коров опытной группы, имело значительное преимущество в сравнении с контролем, по содержанию жира (на 0,46%) и белка (на 0,18%). Скармливание коровам силоса из амаранта показало, что он хорошо поедается животными, и использование его увеличивает продуктивность коров на 11,9% по сравнению с контролем. Полученные результаты позволяют рекомендовать силос из амаранта в качестве основного объемистого корма в зимне-стойловый период при составлении сбалансированных рационов для лактирующих коров.

Ключевые слова: амарантовый силос, кукурузный силос, качественные показатели молока

Comparative characteristics of amaranth and corn silage qualitative indicators

Svetlana V. Pavlenkova	¹	sveta5501pavlenkova@ya.ru	
Galina P. Shuvaeva	¹	gpshuv@mail.ru	
Lidia A. Miroshnichenko	²	lidamir@mail.ru	
Tatiana V. Sviridova	¹	sviridovaty@ya.ru	
Olga S. Korneeva	¹	korneeva-olgas@yandex.ru	 0000-0002-2863-0771
Anna A. Tolkacheva	¹	anna-biotech@yandex.ru	 0000-0003-0725-6482

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

² RusOliva, Lebedeva Str., 4, Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The use of traditional corn silage in the diets of lactating cows during the winter-stall period leads not only to the animal productivity decrease, but also to the milk quality. An increase in these indicators can be achieved by improving the feed quality, in particular by using non-traditional crops for silage, amaranth being one of them. A comparative assessment of the effect of amaranth and corn silages on animal health, blood biochemical parameters, milk productivity and quality during the wintering period was carried out. Scientific and economic experience was conducted on the basis of peasant farm by I.I. Korovnikov, in Khokholsky district of the Voronezh region. Two variants of silage were put: from the green mass of amaranth to the phase of milk-wax ripeness of seeds and corn silo. Two groups of dairy cows of Holstein-Friesian breed with an average productivity of about 4200 kg of milk, selected by the principle of analogues, were used in the experiment. Body temperature, heart rate and number of respiratory movements per minute, scar reduction were within normal limits for cows of both groups. Moreover, a reliable difference in clinical and physiological parameters between the experimental and control groups was not found out both at the beginning and at the end of the experiment. The inclusion of high-protein amaranth silage in the diet of lactating cows leads to normalization of the liver and, as a result, normalization of all metabolic processes. Amaranth silage had a positive effect on the quality of milk. So the milk obtained from the cows of the experimental group had a significant advantage in comparison with the control one in terms of fat (by 0.46%) and protein (by 0.18%). Feeding amaranth silage to cows showed that it is well eaten by animals, and its use increases the productivity of cows by 11.9% compared with the control group. The results obtained allow us to recommend amaranth silage as the main bulk feed in the winter-stall period when preparing balanced diets for lactating cows.

Keywords: amaranth silage, corn silage, milk quality indicators

Для цитирования

Павленкова С.В., Шуваева Г.П., Мирошниченко Л.А., Свиридова Т.В., Корнеева О.С., Толкачева А.А. Сравнительная оценка влияния амарантового и кукурузного силосов на продуктивность коров молочной породы // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 174–179. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-174-179

For citation

Pavlenkova S.V., Shuvaeva G.P., Miroshnichenko L.A., Sviridova T.V., Korneeva O.S., Tolkacheva A.A. Comparative characteristics of amaranth and corn silage qualitative indicators. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 174–179. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-174-179

Введение

В настоящее время продолжительность хозяйственного использования коров продолжает сокращаться. Более половины коров выбраковывается по причинам заболеваний, связанных с неполноценным кормлением. Кормовая база и кормление играют решающую роль в процессе производства продукции животноводства и стабильного роста продуктивности крупного рогатого скота.

Интегральные показатели полноценного кормления – это здоровье и соответствие продуктивности генетическому потенциалу животного. При балансировании рациона для коров необходимо учитывать содержание энергии, сухого вещества и переваримого протеина в единице корма. При этом следует иметь в виду, что оптимальный уровень вышеуказанных показателей должен достигаться в основном за счет объемистых кормов, а не концентратов. Особенно остро этот вопрос в нашем регионе стоит в зимне-стойловый период, когда отсутствуют зеленые сочные корма, богатые необходимыми элементами для высокой продуктивности коров.

Одним из путей повышения качества кормов является введение в рацион питания животных новых нетрадиционных кормовых культур с высокой питательной ценностью. Считается, что использование амаранта в рационе животных делает кормление более сбалансированным по аминокислотному составу и полноценным с точки зрения полезных макро- и микроэлементов. Включение его в рацион особенно эффективно при дефиците витаминов и кормового белка. Кроме этого, амарант имеет ряд преимуществ в сравнении с другими привычными кормовыми культурами. Но много вопросов, связанных с использованием амаранта, в качестве компонента рациона для крупного рогатого скота до сих пор недостаточно изучены.

Цель работы – проведение сравнительной оценки влияния амарантового и кукурузного силосов на здоровье и продуктивность коров молочной породы.

Материалы и методы

Научно-хозяйственный опыт проводили на базе КФХ И.И. Коровников, Хохольского района Воронежской области. Были заложены два варианта силоса: из зеленой массы амаранта в фазу молочно-восковой спелости семян и кукурузный силос. Для изучения влияния силоса из амаранта на здоровье, кормовое поведение, молочную продуктивность крупного рогатого скота проводились научно-хозяйственные опыты. В опыте использовали две группы дойных коров голштино-фризской породы со средней продуктивностью около 4200 кг молока, отобранных по принципу аналогов. Продолжительность опыта

составила 105 дней. При проведении опыта на животных руководствовались рекомендациями ВИЖа "Методические рекомендации по организации и проведению исследований по кормлению коров на промышленных фермах и комплексах". В соответствии с принятой схемой опыта животные контрольной группы получали силос из кукурузы, опытной группы – из амаранта. В течение опыта вели учет поедаемости кормов, индивидуальный учет молочной продуктивности, химический состав молока. Для контроля физиологического состояния подопытных животных определяли температуру тела, частоту сердечных сокращений и дыхательных движений, количество сокращений рубца (за 2 мин) и жевательных движений (за один жвачный период), состояние кожи и волосяного покрова. Для контроля общего состояния здоровья и обмена веществ в начале и конце опыта проводили биохимический анализ крови на гематологическом анализаторе «ABX Micros 60» и биохимическом анализаторе «Hitachi-902» согласно «Методическим рекомендациям по диагностике, терапии и профилактике нарушений обмена веществ у продуктивных животных». Показатели антиоксидантного статуса определяли в соответствии с «Методическими положениями по изучению процессов свободнорадикального окисления и системы антиоксидантной защиты организма». В середине научно-хозяйственного опыта по общепринятой методике ВИЖа определяли переваримость и использование питательных веществ подопытными животными. Анализ кормов, их остатков, продуктов обмена, крови, молока проводили по общепринятым методикам. Качество полученного молока от коров, участвующих в опыте, оценивали в соответствии с ГОСТ 31449–2013.

Результаты и обсуждение

Продуктивность животных, затраты кормов на единицу производимой продукции во многом связаны с их клинико-физиологическим состоянием. Для изучения реакции организма подопытных коров на изменение рациона нами проводился контроль за их клинико-физиологическим состоянием. Важнейшими показателями физиологического состояния животных считаются температура тела, частота дыхания и пульса. Считается, что на клинико-физиологические показатели животных оказывает влияние уровень кормления, структура рациона, используемые подкормки и препараты. Исследования показали, что температура тела и другие физиологические показатели у подопытных животных были в пределах нормы (таблица 1).

Как видно из данных таблицы 1, у коров обеих групп температура тела, частота сердечных сокращений и количество дыхательных движений в минуту, сокращение рубца находились в пределах нормы. При этом достоверной разницы по клинико-физиологическим показателям между опытной и контрольной группой не установлено как в начале, так и в конце опыта.

Таблица 1.

Клинико-физиологические показатели коров (n = 10)

Table 1.

Clinical and physiological parameters of cows (n = 10)

Показатель Indicator	Группа коров Group of cows	
	Опытная Experiment	Контрольная Control
Температура, °C Temperature, °C	$38,7 \pm 0,15$ $38,6 \pm 1,55$	$38,6 \pm 0,24$ $38,6 \pm 0,36$
Частота сердечных сокращений, ударов в минуту Heart rate, beats per minute	$69,3 \pm 0,96$ $68,1 \pm 2,62$	$68,8 \pm 0,47$ $66,2 \pm 1,73$
Частота дыхания в минуту Respiratory rate, breaths per minute	$23,5 \pm 0,17$ $23,6 \pm 0,17$	$23,3 \pm 0,31$ $23,2 \pm 0,31$
Упитанность средняя, % Average fatness, %	$\frac{100}{100}$	$\frac{100}{100}$
Сокращение рубца за 2 мин Scar reduction in 2 minutes	$2,9 \pm 0,7$ $3,2 \pm 1,5$	$2,8 \pm 0,8$ $2,7 \pm 1,6$
Число жевательных движений при пережевывании одного пищевого кома Number of chewing movements during chewing of one food lump	$44,0 \pm 1,92$ $48,1 \pm 1,41$	$43,2 \pm 1,56$ $45,5 \pm 1,15$
Деминерализация последнего (13-го) ребра, гол (%) Demineralization of the last (13th) edge,	$\frac{1(10)}{1(10)}$	$\frac{1(10)}{1(10)}$

Примечание: над чертой – в начале опыта, под чертой – в конце опыта

(Note: above the line – in the beginning of the experiment, below the line – end of experience)

Учитывая значительное влияния внешнего поведения коров на их здоровье и продуктивность, оценили основные формы: пищевые,

двигательные и состояние покоя, имеющие определенную функциональную значимость (таблица 2).

Таблица 2.

Поведение дойной коровы, минут (время наблюдения 24 ч) (n = 3)

Table 2.

Behavior of dairy cows, minutes (observation time 24 hours) (n = 3)

Показатель Indicator	Группа коров Group of cows	
	Опытная Experiment	Контрольная Control
Прием корма и воды Feed and water intake	$149 \pm 2,1$	$137 \pm 3,6$
Число потреблений корма The number of feed consumption	9	11
Время жвачки Chewing time	$557 \pm 7,6$	$442 \pm 5,9$
Находилась в положении стоя Was in a standing position	$632 \pm 6,5$	$775 \pm 8,1$
Находилась в положении лежа Was in the supine position	$808 \pm 9,1$	$665 \pm 5,2$

Как видно из данных таблицы 2, коровы опытной группы имели более спокойный тип поведения. Они находились больше на 21,5% в положении лежа в сравнении с контролем, при этом последние находились в положении стоя больше чем лежали. У коров опытной группы была более продолжительная жвачка и время приема воды и корма. Таким образом, у коров опытной группы, получавших в рациионе

амарантовый силос, наблюдалась более высокая пищевая активность и потребность в отдыхе.

Анализируя биохимические показатели крови и сыворотки крови, мы даем оценку уровню кормления и обменным процессам, а также с большей долей вероятности определяем влияние различных рационов на физиологические изменения в организме животного (таблица 3).

Таблица 3.

Показатели белкового, энергетического обмена и функционального состояния печени у лактирующих коров (n = 5)

Table 3.

Indicators of protein, energy metabolism and liver function in lactating cows (n = 5)

Показатель Indicator	Группа коров Group of cows		Оптимальные величины Optimal value
	Опытная Experiment	Контрольная Control	
1	2	3	4
Общий белок, г/л Total protein, g/l	$81,85 \pm 2,26$ $84,31 \pm 3,82$	$80,51 \pm 1,32$ $73,12 \pm 5,67$	72–85
Мочевина, мм/л Urea, mmol/l	$3,74 \pm 0,35$ $5,56 \pm 0,27$	$3,42 \pm 0,23$ $3,38 \pm 0,63$	3,3–6,0

Продолжение табл.3 | Continuation of Table 3

Глюкоза, мМ/л Glucose, mmol/l	$\frac{1,84 \pm 0,06}{1,72 \pm 0,04}$	$\frac{1,81 \pm 0,03}{2,02 \pm 0,05}$	2,2–3,3
АсАТ, Е/л Aspartate aminotransferase, U/l	$\frac{91,50 \pm 6,11}{59,45 \pm 7,37}$	$\frac{92,45 \pm 5,27}{87,54 \pm 5,43}$	10–50
АлАТ, Е/л Alanine aminotransferase, U/l	$\frac{36,00 \pm 1,77}{30,14 \pm 2,42}$	$\frac{38,22 \pm 2,46}{36,21 \pm 3,56}$	5–40
Коэф. Де Ритиса The De Ritis Coefficient	$\frac{2,54}{1,97}$	$\frac{2,42}{2,42}$	1–1,5
ЩФ, Е/л Alkaline phosphatase, U/l	$\frac{101,0 \pm 10,5}{124,0 \pm 9,8}$	$\frac{98,5 \pm 12,4}{103,0 \pm 7,5}$	42–130
Кальций, мМ/л Calcium, mmol/l	$\frac{2,42 \pm 0,03}{2,95 \pm 0,02}$	$\frac{2,51 \pm 0,08}{2,33 \pm 0,03}$	2,50–3,13
Фосфор, мМ/л Phosphorus, mmol/l	$\frac{1,94 \pm 0,08}{1,82 \pm 0,07}$	$\frac{2,01 \pm 0,04}{2,13 \pm 0,05}$	1,45–1,94
Ca/P	$\frac{1,24}{1,62}$	$\frac{1,25}{1,09}$	1,5–2,0
Магний, мг% Magnesium, mg%	$\frac{2,15 \pm 0,01}{2,36 \pm 0,02}$	$\frac{2,08 \pm 0,02}{2,01 \pm 0,01}$	2,0–3,0
Общие липиды, г/л Total lipids, g/l	$\frac{3,11 \pm 0,35}{3,48 \pm 0,46}$	$\frac{3,27 \pm 0,21}{3,26 \pm 0,44}$	3,0–5,0
Триглицериды, мМ/л Triglyceride, mmol/l	$\frac{0,45 \pm 0,09}{0,51 \pm 0,11}$	$\frac{0,55 \pm 0,07}{0,50 \pm 0,13}$	0,22–0,60
Холестерин, мМ/л Cholesterol, mmol/l	$\frac{4,03 \pm 0,41}{4,12 \pm 0,28}$	$\frac{4,12 \pm 0,21}{4,01 \pm 0,31}$	1,3–4,4
Связанный белком йод, Мкг% Protein bound iodine, mcg%	$\frac{2,63 \pm 0,05}{3,92 \pm 0,04}$	$\frac{2,91 \pm 0,02}{2,85 \pm 0,08}$	4–8

Анализ данных таблицы 3 показал, что в сыворотке крови лактирующих коров в начале опыта в обеих группах уровень активности АсАТ выше физиологической нормы (верхнего предела) на 84%, коэффициент Де Ритиса – на 69% (в опытной группе) и на 61% (в контрольной группе). Содержание глюкозы ниже оптимальной величины на 21%, связанный белком йод – на 36%.

В конце опыта отмечалось снижение повышенной функциональной нагрузки на печень

в опытной группе лактирующих коров (коэф. Де Ритиса, АсАТ), а также определенная нормализация йодного обмена.

По органолептическим характеристикам (консистенция, вкус, запах, цвет) молоко обеих групп соответствовало вышеуказанному ГОСТу. Включение в рацион коров силоса из амаранта оказало положительное влияние и на качество молока (таблица 4).

Таблица 4.

Показатели качества молока (n = 10)

Table 4.

Milk quality indicators (n = 10)

Группа коров Group of cows	Жир, % Fat, %	Белок, % Protein, %	Плотность, кг/м³ Density, kg/m³	Кислотность, °Т Acidity, °Т	Мочевина, мг% Urea, mg%	Термоустойчивость по алкогольной пробе Thermal stability on alcoholic sample	Среднесуточный удой, кг The average daily milk yield, kg
Опытная Experiment	$4,13 \pm 0,62$	$3,25 \pm 0,46$	$1028,0 \pm 0,75$	$18,0 \pm 0,35$	$25,75 \pm 0,92$	1-я группа	$15,1 \pm 0,4$
Контрольная Control	$3,67 \pm 0,74$	$3,05 \pm 0,55$	$1030,0 \pm 0,88$	$17,6 \pm 0,4$	$16,66 \pm 0,95$	1-я группа	$13,5 \pm 0,5$

Как видно из данных таблицы 4 молоко, полученное от коров опытной группы, имело значительное преимущество в сравнении с контролем по содержанию жира (на 0,46%) и белка (на 0,18%).

Включение в рацион лактирующих коров силоса из амаранта показало, что он хорошо поедается животными и использование его увеличивает продуктивность коров на 11,9% по сравнению с контролем, то есть среднесуточный удой от коровы возрос с 13,5 до 15,1 кг молока.

Заключение

Таким образом, включение в рацион лактирующих коров силоса из амаранта способствует нормализации работы печени и, как следствие, нормализации всех обменных процессов. Достоверной разницы по клинико-физиологическим показателям между опытной и контрольной группой коров не установлено как в начале, так и в конце опыта. Однако у коров опытной группы, получавших в рационе амарантовый силос, наблюдалась более высокая пищевая активность и потребность

в отдыхе. Включение в рацион коров силоса из амаранта оказало положительное влияние и на качество молока.

Полученные результаты позволяют рекомендовать силос из амаранта в качестве основного объемистого корма в зимне-стойловый период при составлении сбалансированных рационов для лактирующих коров.

Благодарность

Исследования выполнены при поддержке государственного задания Минобрнауки РФ №40.4149.2017/ПЧ.

Литература

- 1 Аллабердин И.Л. Влияние силоса с травяной мукой из амаранта на переваримость питательных веществ рационов // Вестник мясного скотоводства. 2006. Т. 1. № 59. С. 28–33.
- 2 Артемов И.А., Черных Р.Н., Первушин В.М. Первокласные корма – главный резерв укрепления кормовой базы // Кормопроизводство. 2001. № 12. С. 26–32.
- 3 Болотова Н.С. Требования приготовления высококачественного силоса и сенажа из высокобелковых трав // Кормопроизводство. 2009. № 12. С. 28–32.
- 4 Бондарев В.А. Запасаем корма по новым технологиям // Животноводство России. 2003. № 1. С. 36–37.
- 5 Веретенникова В.Г., Веретенников Н.Г., Исупова М.В., Привало О.Е. Влияние кормления на молочную продуктивность и качество получаемой продукции // Успехи современной науки. 2016. № 10. С. 131–136.
- 6 Зельцер А.М. Влияние силосованных кукурузных диет коров на молочную продуктивность, состав, безопасность молока и качество молочных продуктов // Вестник современных исследований. 2018. № 11.7 (26). С. 312–319.
- 7 Angelakis E. Weight gain by gut microbiota manipulation in productive animals // Microbial Pathogenesis. 2017. V. 106. P. 162–170.
- 8 Casperson B.A., Wertz-Lutz A.E., Dunn J.L., Donkin S.S. Inclusion of calcium hydroxide-treated corn stover as a partial forage replacement in diets for lactating dairy cows // Journal of Dairy Science. 2018. V. 101. № 3. P. 2027–2036.
- 9 ГОСТ 31449–2013. Межгосударственный стандарт молоко коровье сырое. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2013. 6 с.
- 10 Seguin P., Mustafa A.F., Donnelly D.J., Gelinas B. Chemical composition and ruminal nutrient degradability of fresh and ensiled amaranth forage // Journal of the science of food and agriculture. 2012. P. 3730–3736.

References

- 1 Allaberdin I.L. The effect of silage with amaranth herbal flour on the digestibility of nutrients in diets. Bulletin of meat cattle breeding. 2006. vol. 1. no. 59. pp. 28–33. (in Russian).
- 2 Artemov I.A., Chernykh R.N., Pervushin V.M. First-class feed - the main reserve for strengthening the feed base. Feed production. 2001. no. 12. pp. 26–32. (in Russian).
- 3 Bolotova N.S. Requirements for the preparation of high-quality silage and haylage from high-protein herbs. Feed production. 2009. no. 12. pp. 28–32. (in Russian).
- 4 Bondarev V.A. We stock feed for new technologies. Animal husbandry in Russia. 2003. no. 1. pp. 36–37. (in Russian).
- 5 Veretennikova V.G., Veretennikov N.G., Isupova M.V., Privalo O.E. The effect of feeding on milk productivity and the quality of the products. Successes in modern science. 2016. no 10. pp. 131–136. (in Russian).
- 6 Zeltser A.M. The effect of silage corn diets of cows on milk productivity, composition, milk safety and quality of dairy products // Bulletin of modern studies. 2018. no. 11.7 (26). pp. 312–319. (in Russian).
- 7 Angelakis E. Weight gain by gut microbiota manipulation in productive animals. Microbial Pathogenesis. 2017. vol. 106. pp. 162–170.
- 8 Casperson B.A., Wertz-Lutz A.E., Dunn J.L., Donkin S.S. Inclusion of calcium hydroxide-treated corn stover as a partial forage replacement in diets for lactating dairy cows. Journal of Dairy Science. 2018. vol. 101. no. 3. pp. 2027–2036.
- 9 State Standard 31449–2013. Interstate standard raw cow's milk. Technical conditions. Moscow, Standartinform, 2013. 6 p. (in Russian).
- 10 Seguin P., Mustafa A.F., Donnelly D.J., Gelinas B. Chemical composition and ruminal nutrient degradability of fresh and ensiled amaranth forage. Journal of the science of food and agriculture. 2012. pp. 3730–3736.

Сведения об авторах

Светлана В. Павленкова аспирант, кафедра биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, sveta5501pavlenkova@ya.ru

Галина П. Шуваева к.б.н., доцент, кафедра биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет

Information about authors

Svetlana V. Pavlenkova graduate student, biochemistry and biotechnology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, sveta5501pavlenkova@ya.ru

Galina P. Shuvaeva Cand. Sci. (Biol.), associate professor, biochemistry and biotechnology department, Voronezh State

инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, gpshuv@mail.ru

Лидия А. Мирошниченко к.т.н., директор, ООО «Русская Олива», ул. Лебедева, 4, г. Воронеж, 394036, Россия, lidamir@mail.ru

Татьяна В. Свиридова к.б.н., доцент, кафедра биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, sviridovav@ya.ru

Ольга С. Корнеева д.б.н. профессор, кафедра биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, korneeva-olgas@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2863-0771>

Анна А. Толкачева начальник отдела, ОСМ, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, anna-biotech@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0725-6482>

Вклад авторов

Светлана В. Павленкова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Галина П. Шуваева обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

Лидия А. Мирошниченко консультация в ходе исследования

Татьяна В. Свиридова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Ольга С. Корнеева предложила методику проведения эксперимента и организовала производственные испытания

Анна А. Толкачева консультация в ходе исследования

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, gpshuv@mail.ru

Lidia A. Miroshnichenko Cand. Sci. (Engin.), director, RusOliva, Lebedeva Str., 4, Voronezh, 394036, Russia, lidamir@mail.ru

Tatiana V. Sviridova Cand. Sci. (Biol.), associate professor, biochemistry and biotechnology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, sviridovav@ya.ru

Olga S. Korneeva Dr. Sci. (Biol.), professor, biochemistry and biotechnology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, korneeva-olgas@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2863-0771>

Anna A. Tolkacheva head of department, DSM, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, anna-biotech@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0725-6482>

Contribution

Svetlana V. Pavlenkova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Galina P. Shuvaeva review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Lidia A. Miroshnichenko consultation during the study

Tatiana V. Sviridova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Olga S. Korneeva proposed a scheme of the experiment and organized production trials

Anna A. Tolkacheva consultation during the study

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 12/08/2019	После редакции 20/08/2019	Принята в печать 30/08/2019
Received 12/08/2019	Accepted in revised 20/08/2019	Accepted 30/08/2019

Химическая технология**Chemical Technology**DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-3-180-186>

Оригинальная статья/Research article

УДК 004.931

Open Access

Available online at vestnik-vsuet.ru**Автоматизация распознавания химических веществ с помощью электронной сенсорной технологии на основе нейросетевой обработки данных**

Елена А. Балашова ¹	helbal@yandex.ru	 0000-0002-9886-5402
Валерия В. Битюкова ²	acusher.idpo@vsmaburdenko.ru	
Анатолий А. Хвостов ³	khvtol1974@ya.ru	 0000-0002-3836-9407

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия² Акушерство и гинекология ИДПО, Воронеж. гос. мед. ин-т им. Бурденко, пер. Здоровья, д. 2, г. Воронеж, 394024, Россия³ ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул. Старых Большевиков, 54А, г. Воронеж, 394064, Россия

Аннотация. Определение состава исходного вещества выполнялось с помощью электронного сенсорного прибора «электронный нос», состоящего из 8 датчиков, на которые с помощью шприца подавался воздух с парами спирта, содержащего разного рода примеси. Сигнал с датчиков записывался с частотой дискретизации 1 с на протяжении 120 с. Выходные данные прибора были представлены в двух разных интерпретациях – в виде кривых, полученных от каждого датчика, либо площадей под кривыми. Цель работы – построение системы распознавания 11 примесей и воды в исходном веществе. Определение состава исходного вещества выполнялось с помощью «электронного носа», позволяющего получить по 120 значений с каждого из 8 датчиков в виде кривых либо значений площадей под кривыми. Большое количество классов (12), динамическое представление информации исходных данных делают целесообразным построение системы распознавания образов на основе нейронной сети – многослойного персептрона, обучаемого на основе алгоритма обратного распространения ошибки. При обучении сети используются имеющиеся образцы, с указанием к какому классу они относятся. Свойства каждого анализируемого вещества представляются как вектор 120 значений 8 признаков, определяющих один из 12 классов. Для снижения размерности входных данных нейронной сети авторами предложено использование свертки имеющейся информации без существенной потери информационной емкости признаков путем построения 8 полиномиальных регрессий 19-го порядка, описывающих кривые с каждого из 8 датчиков «электронного носа». Полученная в результате свертки матрица входов состояла из 20 коэффициентов полиномиальной регрессии каждой из 8 кривых для 12 рассматриваемых классов. Была построена двухслойная нейронная сеть с 43 нейронами и сигмоидальной функцией активации в скрытом слое и 12 нейронами и линейной функцией активации в выходном слое. В результате обучения сети было получено 2 ошибки классификации образов, что позволяет использовать предлагаемый авторами подход для построения системы распознавания на основе предварительной свертки данных, динамически получаемых с «электронного носа».

Ключевые слова: электронный нос, свертка исходной информации, нейронная сеть, распознавание химических веществ**Automation of recognition of chemicals using electronic sensor technology based on neural network data processing**

Elena A. Balashova ¹	helbal@yandex.ru	 0000-0002-9886-5402
Valeriya V. Bitukova ²	acusher.idpo@vsmaburdenko.ru	
Anatoly A. Khvostov ³	khvtol1974@ya.ru	 0000-0002-3836-9407

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia² Obstetrics and Gynecology IAPE, Voronezh State Medical Institute named after Burdenko, Zdoroviya lane, 2, Voronezh, 394024, Russia³ Military Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after prof. N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarina", Old Bolsheviks st., 54 A, Voronezh, 394064, Russia

Abstract. The composition of the initial substance was determined using an electronic sensor "electronic nose", consisting of 8 sensors, to which air was supplied with a syringe with alcohol vapor containing various kinds of impurities. The signal from the sensors was recorded with a sampling frequency of 1 s for 120 s. The output of the device was presented in two different interpretations - in the form of curves obtained from each sensor, or the areas under the curves. The purpose of the work is to build a recognition system for 11 impurities and water in the starting material. The composition of the initial substance was determined using an "electronic nose", which allows one to obtain 120 values from each of 8 sensors in the form of curves or the values of the areas under the curves. A large number of classes (12), the dynamic presentation of the source data information make it advisable to build a pattern recognition system based on a neural network - a multilayer perceptron trained on the basis of the error back propagation algorithm. When training the network, existing samples are used, indicating which

Для цитирования

Балашова Е.А., Битюкова В.В., Хвостов А.А. Автоматизация распознавания химических веществ с помощью электронной сенсорной технологии на основе нейросетевой обработки данных // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 180–186. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-180-186

For citation

Balashova E.A., Bitukova V.V., Khvostov A.A. Automation of recognition of chemicals using electronic sensor technology based on neural network data processing. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 180–186. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-180-186

class they belong to. The properties of each analyte are represented as a vector of 120 values of 8 attributes defining one of 12 classes. To reduce the dimensionality of the input data of the neural network, the authors proposed the use of convolution of the available information without significant loss of information capacity of signs by constructing 8 polynomial regressions of the 19th order that describe the curves from each of the 8 sensors of the "electronic nose". The input matrix obtained as a result of convolution consisted of 20 polynomial regression coefficients of each of 8 curves for 12 classes under consideration. A two-layer neural network with 43 neurons and a sigmoidal activation function in the hidden layer and 12 neurons and a linear activation function in the output layer was constructed. As a result of network training, 2 classification errors were obtained, which allows us to use the approach proposed by the authors to build a recognition system based on preliminary convolution of data dynamically obtained from the "electronic nose"

Keywords: electronic nose, initial information convolution, neural network, chemical recognition

Введение

Одной из современных тенденций анализа состава химического вещества является использование электронной сенсорной технологии – «электронного носа» [1]. Для определения состава вещества используется группа датчиков, выдающих различные выходные сигналы как для разных концентраций одного и того же вещества, так и для разных веществ.

Используемый в работе анализатор запахов МАГ-08 состоял из 8 чувствительных сенсоров, представляющих собой пьезоэлементы на основе кварцевых резонаторов ОАВ-типа с базовой частотой колебаний 10 МГц. На электродах размещались различные пленочные сорбенты: полиэтиленгликоль фталат (ПЭГФ), полиэтиленгликоль (ПЭГ-2000), тритон X-100 (ТХ-100), полиэтиленгликоль себацинат (ПЭГСб), дициклогексан-18-Краун-6 (ДЦГ18К6), полиэтиленгликоль адипинат (ПЭГА), многослойные углеродные нанотрубки (МУНТ), пчелиный клей (ПчК) [1].

Пробы каждого образца спиртосодержащей жидкости с примесями (ацетон, пропанол-1, пропанол-2, бутанол-1, бутанол-2, этанол, бутанон, ацетальдегид, этилацетат, бутилацетат, пентанол-2, вода) отбирались индивидуальным шприцем и вводились в ячейку детектирования. Величина выходного сигнала сенсорного элемента определялась сорбционной активностью применяемого сорбента [2, 3]. Сигнал с датчиков (максимальное изменение частоты колебания кварцевых пластин в результате сорбции компонентов) записывался с частотой дискретизации 1 с на протяжении 120 с. Агрегирование информации проводилось в форме «визуального отпечатка» – оценивания площади отклика сенсоров, пропорционального концентрации летучих веществ.

Полученные исходные данные сохранялись в базе данных и обрабатывались с помощью программного обеспечения анализатора «MAG Soft», реализующего факторный анализ (метод главных компонент). В силу того что число рассматриваемых классов соединений велико (12 разновидностей примесей), получить точные результаты классификации образцов указанным методом не представляется возможным. Разработка алгоритма обработки результатов исследования в этой связи является актуальной задачей.

На сегодняшний день для классификации объектов различной природы и сложности используются эвристические методы, методы кластерного, дискриминантного анализа, точность которых с ростом числа классов снижается [4], что вынуждает авторов строить многоуровневые иерархические системы классификации. Классификация объектов с помощью нейронных сетей дает [5-11] более точные результаты, а негативный эффект роста числа классов может быть нивелирован усложнением архитектуры сети.

Цель работы – построение автоматизированной нейросетевой системы классификации примесей в исходном веществе. В качестве исходного вещества, параметры которого составили обучающую выборку, выступали спирт и спиртосодержащие жидкости с заранее известным составом примесей. Анализировались спиртовые жидкости, содержащие 11 различных примесей и воду. Таким образом, поставлена задача – разделение обучающей выборки на 12 классов веществ.

Материалы и методы

Задача классификации объектов может быть успешно решена с использованием как сверточных [8, 9], рекуррентных [9], так и многослойных нейронных сетей с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки [5]. Классификация сигналов, представляющих собой длинный вектор (порядка 32 000 значений), успешно может быть выполнена с помощью сверточных нейронных сетей [8]. Однако успешное обучение глубоких нейронных сетей требует наличия параллельной обработки на специальных видеокартах и практически невозможно на персональном компьютере. Многослойные персептроны напротив зарекомендовали себя как нейронные сети, не требующие больших ресурсов для создания и обучения [6].

Алгоритм обратного распространения ошибки представляет собой градиентный алгоритм обучения многослойного персептрона, основанный на минимизации среднеквадратической ошибки выходов сети. При обучении нейронной сети на вход поочередно подаются

значения вектора входов p . Выходное значение нейронной сети y (расчетное значение) сравнивается с целевым t (заданное значение). Перенастройка весов W и смещений b производится для того, чтобы приблизить выходное значение a к целевому t . Цель обучения – уменьшить среднеквадратическую ошибку:

$$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n e(i)^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (y(i) - t(i))^2.$$

Процесс обучения прекращается, если реализовано предельное количество циклов обучения, целевая функция достигла заданной величины либо некоторого значения и перестала уменьшаться.

Многослойный персептрон (рисунок 1) состоит из входного слоя, образованного входными векторами, одного скрытого слоя, состоящего из k нейронов, и выходного слоя из 12 нейронов, число которых определяется числом распознаваемых классов. Количество нейронов в скрытом слое определяется экспериментально и может быть увеличено либо уменьшено в зависимости от особенностей обучающей выборки. Функции активации f , используемые в нейронах скрытых слоев, – сигмоидальные, $f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\beta x}}$, а в выходном слое – линейные $f(x) = x$.

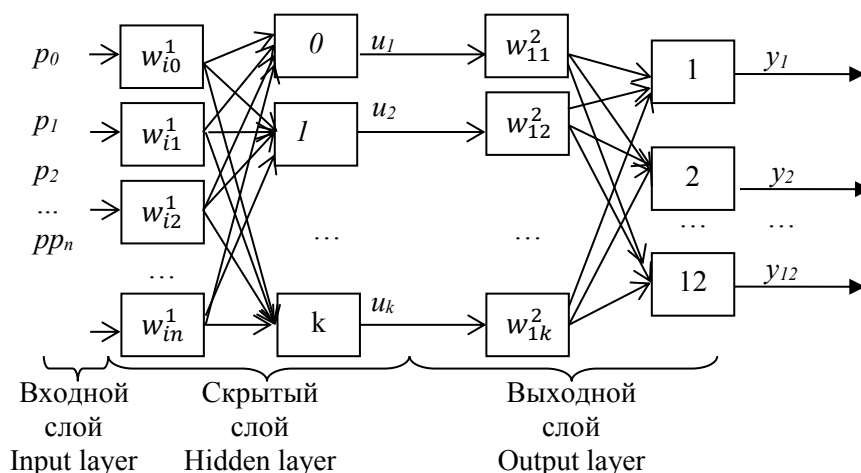


Рисунок 1. Многослойный персептрон

Figure 1. Multilayer perceptron

Выходной сигнал j -го нейрона скрытого слоя определяется функцией активации от суммы взвешенных входов $v_j = f\left(\sum_{j=0}^n w_{ij}^1 p_j\right)$,

а выход нейронной сети (сигнал выходного слоя) – функцией активации от суммы взвешенных выходов скрытого слоя

$$y = f\left(\sum_{i=0}^k w_{ki}^2 v_i\right) = f\left(\sum_{i=0}^k w_{ki}^2 f\left(\sum_{j=1}^n w_{ij}^1 p_j\right)\right).$$

Многослойный персептрон имеет более мощное обучающее правило – разновидность градиентного спуска. Веса перестраиваются в направлении минимума ошибки E .

Веса связей между нейронами корректируются в обратном порядке – от выхода ко входу нейронной сети, поэтому алгоритм поиска весов получил название обратного распространения ошибки. Вес w_{ij}^2 связи между нейроном выходного слоя и j -м нейроном скрытого слоя корректируется согласно следующему правилу:

$$w_{ij}^2(l+1) = w_{ij}^2(l) - \eta \frac{\partial E}{\partial w_{ij}^2},$$

где η – коэффициент скорости обучения сети, скорость изменения ошибки:

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ij}^2} = (y - t) \frac{df(u_1^2)}{du_1^2} v_j, \quad u_1^2 = \sum_{j=0}^k w_{1j}^2 v_j.$$

Ошибка на выходе скрытого слоя не имеет непосредственной связи с выходной ошибкой, так как неясно, каким должен быть эталонный выход скрытого слоя. Вес нейронов скрытого слоя корректируется в соответствии с их вкладом в величину ошибки выходного слоя. Чем больше ошибка на выходе сети и чем больше вес связи между скрытым и выходным нейроном, тем больше ошибка на выходе скрытого нейрона. Градиент ошибки относительно скрытого слоя определяется следующим образом:

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ij}^1} = (y - t) \frac{df(u_1^2)}{du_1^2} w_{1i}^2 \frac{df(u_1^1)}{du_1^1} p_j.$$

Вес w_{ij}^1 нейронов скрытого слоя корректируется согласно следующему правилу:

$$w_{ij}^1(l+1) = w_{ij}^1(l) - \eta \frac{\partial E}{\partial w_{ij}^1}.$$

Алгоритм обучения сети работает следующим образом.

1. Задаются начальные значения весов связей между нейронами на всех слоях сети.

2. На вход сети подается значение текущего входного вектора. Осуществляется расчет в прямом направлении значений выходных сигналов нейронов скрытого слоя и выходного слоя.

3. Выполняется расчет градиента ошибки выходного слоя и осуществляется коррекция весов связей между нейронами скрытого и выходного слоев.

4. Рассчитывается градиент ошибки скрытого слоя и осуществляется коррекция весов связей между входами сети и нейронами скрытого слоя.

5. Алгоритм повторяется с пункта 2. Перенастройка весов и смещений производится до тех пор, пока норма градиента не станет ниже заданного значения погрешности ϵ , определяющего точность процесса обучения.

Совокупность входных векторов для обучения сети представляет собой 120 значений, полученных с частотой 1 с с каждого из 8 сенсоров «электронного носа» для всех 12 рассматриваемых классов веществ. Таким образом, входы нейронной сети – матрица размерностью 960×12 . Количество выходных нейронов определяется количеством рассматриваемых классов – 12.

Результаты и обсуждение

Экспериментальным путем было установлено, что при таком большом числе входов максимальное количество слоев нейронной сети, доступное для обучения на персональном компьютере, – 2 с 10 нейронами на скрытом слое с сигмоидальными функциями активации и 12 нейронами с линейной функцией активации в выходном слое. Такого количества нейронов недостаточно для распознавания классов. Нейронная сеть может выделить из совокупности только один класс. Очевидно, что для построения

нейронной сети с большим количеством нейронов требуется уменьшение количества входов.

Поскольку максимальные изменения значений, полученных с большинства сенсоров, наблюдаются в первые 60 с измерений, матрица входных значений была уменьшена до 480×12 . Это позволило создать и обучить нейронную сеть с 60 нейронами в скрытом слое и 12 – в выходном, однако не позволило получить надежных результатов классификации. Ряд веществ, например, ацетальдегид (рисунок 2) имеет низкую летучесть. Для их анализа «электронному носу» требуется больше времени. Указанный подход не позволяет не только классифицировать низколетучие вещества, но и не увеличивает точность классификации остальных веществ.

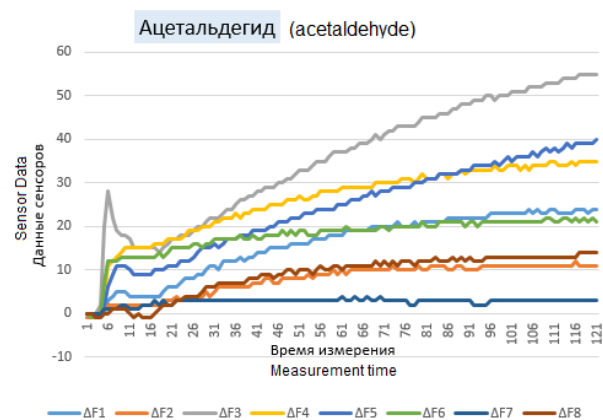


Рисунок 2. Показания прибора при распознавании ацетальдегида

Figure 2. Readings in the detection of acetaldehyde

В этой связи было предложено осуществить свертку исходных данных. Одним из путей уменьшения количества входов с минимальными потерями и искажением информации является аппроксимация полученных с сенсоров кривых полиномиальными зависимостями. В качестве входов нейронной сети при этом рассматриваются коэффициенты полиномов, описывающих изменение исходных данных. Для описания исходных кривых был выбран полином 19-го порядка, результаты аппроксимации для анализа ацетальдегида представлены на рисунке 3.

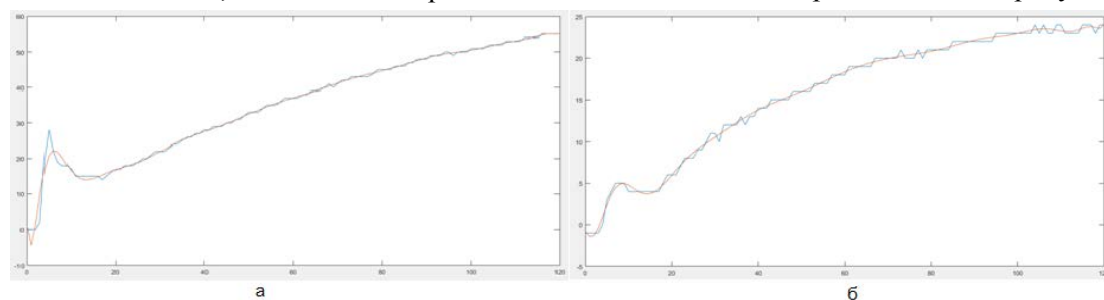


Рисунок 3. Аппроксимация данных анализа ацетальдегида: а – данные третьего сенсора; б – данные шестого сенсора
Figure 3. Approximation analysis of acetaldehyde: a third sensor data; b – data of the sixth sensor

После описания исходных данных с помощью полиномиальной регрессии количество входов значительно уменьшилось до 160, что позволило обучать нейронную сеть на матрице 160 x 12. Экспериментальным путем было установлено, что для успешной классификации обучающей выборки достаточно 32 нейронов в скрытом слое и 12 – в выходном. Ошибки классификации представлены на рис. 4, откуда видно, что их значения не превышают допустимой ошибки обучения 0,001.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1.8264e-04	-2.2847e-04	-2.2173e-04	5.0440e-05	-1.0632e-04	-5.1579e-04	-4.4961e-04	1.2504e-04	5.7069e-04	-1.1263e-04	7.0088e-06	-3.7978e-04
2	-1.9041e-04	2.2106e-04	4.0006e-05	1.9489e-04	5.7803e-04	8.1967e-04	-1.9201e-04	-3.0382e-05	7.9681e-05	-2.7487e-05	-8.8330e-05	-3.0236e-04
3	-2.7487e-05	1.8264e-04	-8.9760e-05	-2.5425e-04	6.5298e-04	1.0611e-04	-7.1958e-04	1.0986e-04	2.9950e-05	2.2064e-05	2.5985e-04	1.4147e-04
4	1.5101e-04	-1.0369e-04	-3.5205e-04	2.2064e-05	2.6565e-05	-6.2882e-04	5.1300e-05	-2.9786e-04	-6.0539e-04	5.7803e-04	-1.5536e-04	6.0100e-04
5	1.9876e-04	-1.2446e-04	-4.7257e-05	5.7803e-04	8.1967e-04	5.8895e-04	8.8594e-04	2.9950e-05	4.3844e-04	6.5298e-04	-2.8114e-04	5.8895e-04
6	-9.5593e-04	-1.2368e-04	-1.1263e-04	6.5298e-04	1.0611e-04	-9.3686e-05	1.0525e-04	-4.0619e-05	3.5327e-04	2.6565e-05	3.4614e-04	1.5332e-04
7	-5.5933e-05	-1.1319e-04	-2.7487e-05	2.6565e-05	-6.2882e-04	5.1300e-05	5.8895e-04	3.5207e-05	2.2662e-04	1.2578e-04	-3.9359e-04	3.1716e-04
8	-6.3064e-04	1.1238e-04	1.5101e-04	-1.7256e-04	5.7069e-04	-3.6931e-04	-9.3686e-05	1.4329e-04	7.8697e-05	-1.8629e-04	5.9138e-05	-3.2660e-04
9	-2.4955e-04	-2.0743e-04	1.9876e-04	1.1279e-04	-2.0021e-04	-4.0619e-05	2.6912e-04	8.5035e-05	-1.5250e-04	-1.1319e-04	-2.5079e-04	-5.3013e-04
10	7.5720e-05	2.4028e-04	5.3614e-05	-3.6284e-04	7.4936e-04	3.5207e-05	-3.6931e-04	7.8697e-05	5.8895e-04	1.1238e-04	9.1215e-05	-8.9263e-04
11	1.1238e-04	-9.1411e-05	-1.7433e-04	1.2209e-04	7.8697e-05	1.4329e-04	-2.0154e-04	-1.5250e-04	2.5508e-04	3.5327e-04	1.2578e-05	4.7813e-04
12	-2.0743e-04	1.4688e-04	2.0414e-04	-6.8883e-04	7.9606e-05	8.5035e-05	-6.2689e-04	6.9125e-05	-5.5399e-04	2.6565e-05	-1.8629e-04	-1.8312e-04

Рисунок 4. Матрица ошибок обучения

Figure 4. The error matrix of training

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.748315e-39	1.156e-39	5.436e-40	7.812e-40	9.976e-40	4.176e-40	2.056e-39	3.612e-40	1.212e-39	2.812e-39
-2.018625e-38	-1.506e-38	-8.580e-37	-8.880e-37	-1.180e-36	-4.760e-37	-2.340e-36	-6.312e-37	-1.400e-36	-3.280e-36
1.073845e-23	8.950e-24	3.460e-24	4.780e-24	6.450e-24	2.490e-24	1.260e-23	3.470e-24	7.440e-24	1.740e-23
-9.49660e-21	-2.275e-21	-1.540e-21	-1.540e-21	-2.560e-21	-7.890e-21	-4.540e-21	-1.130e-21	-2.430e-21	-5.700e-21
7.78430e-19	3.050e-19	3.950e-19	4.950e-19	3.950e-19	9.310e-19	9.310e-19	3.220e-19	5.440e-19	1.280e-18
-1.214960e-18	-8.145e-17	-4.250e-17	-5.870e-17	-8.240e-17	-2.800e-17	-1.310e-16	-4.040e-17	-8.850e-17	-2.070e-16
1.515866e-14	9.790e-15	1.170e-15	6.850e-15	1.050e-14	2.890e-15	1.850e-14	4.850e-15	1.080e-14	2.510e-14
-1.380215e-12	-8.960e-13	-4.790e-13	-8.500e-13	-9.770e-13	-1.460e-13	-4.420e-13	-1.000e-12	-1.530e-12	-3.530e-12
9.854050e-11	6.280e-11	3.400e-11	4.430e-11	7.170e-11	1.510e-11	1.240e-10	3.090e-11	7.230e-11	1.870e-10
-5.380396e-09	-3.850e-09	-2.850e-09	-2.390e-09	-4.070e-09	-6.730e-10	-1.860e-09	-4.040e-09	-8.190e-09	-1.950e-08
3.217156e-07	1.380e-07	7.890e-08	9.790e-08	1.370e-07	1.960e-08	3.910e-07	6.810e-08	1.740e-07	3.900e-07
-7.19980e-06	-4.210e-06	-2.370e-06	-2.970e-06	-5.900e-06	-1.500e-06	-9.800e-06	-2.100e-06	-1.260e-05	-1.260e-05
0.00017139	9.390e-05	5.250e-05	6.470e-05	0.00014634	-6.480e-06	0.000215615	4.790e-05	0.000143187	0.00000452
-0.001955707	-0.001435038	-0.000799806	-0.000942159	-0.002633215	0.000426932	-0.009869996	-0.000712618	-0.000611809	-0.0093515875
0.035194743	0.015418342	0.007239422	0.007493292	0.032714396	-0.011015794	0.048995196	0.008206544	0.035485182	0.085999629
-0.249989798	-0.049692843	-0.019943814	-0.000527745	-0.237597281	0.164314874	-0.349646771	-0.048293319	-0.131183531	-0.1535997876
1.066913115	-0.299021027	-0.282117119	-0.576954234	1.075468269	1.427639928	1.290612902	0.057477032	1.556883538	1.271879548
-1.188429087	3.528910075	2.735821844	4.390011657	-1.219230708	6.287080151	-0.805300904	0.811616559	-2.796670157	-5.896040971
-0.848054009	-5.300007637	-4.96895053	-7.184560897	-0.882694212	-7.207428416	-2.5551399	-1.1092169844	1.480778356	1.069456465
-0.605978051	-0.169669902	1.483092738	0.847188569	1.431871767	-0.26359988	0.685429657	0.07275882	0.104473573	0.411332482
8.318e-30	1.122e-30	7.106e-30	7.760e-30	1.256e-30	3.340e-30	1.115e-30	7.400e-30	1.060e-30	1.115e-30
-9.840e-27	-1.590e-26	-8.240e-27	-9.080e-27	-1.450e-26	-5.880e-27	-1.500e-26	-8.460e-27	-1.240e-26	-1.300e-26
5.490e-24	4.415e-24	4.415e-24	4.900e-24	7.750e-24	2.070e-24	4.460e-24	6.710e-24	7.020e-24	7.020e-24
-1.860e-21	-2.560e-21	-1.440e-21	-1.420e-21	-2.540e-21	-6.710e-21	-2.330e-21	-1.430e-21	-2.110e-21	-3.310e-21
4.310e-19	3.240e-19	3.680e-19	3.680e-19	3.710e-19	1.480e-19	3.270e-19	3.140e-19	4.990e-19	5.240e-19
-7.140e-17	-8.405e-17	-5.280e-17	-5.970e-17	-9.300e-17	-1.340e-17	-8.850e-17	-4.880e-17	-8.370e-17	-8.390e-17
9.130e-15	1.000e-14	6.410e-15	7.510e-15	1.140e-14	2.710e-15	1.060e-14	5.890e-15	1.000e-14	1.080e-14
-8.790e-13	-9.130e-13	-9.950e-13	-8.820e-13	-1.060e-12	-2.360e-13	-9.990e-13	-5.280e-13	-9.840e-13	-9.820e-13
6.530e-11	8.590e-11	4.250e-11	4.900e-11	7.600e-11	1.570e-11	7.230e-11	3.620e-11	6.720e-11	7.190e-11
-3.730e-09	-3.440e-09	-2.370e-09	-2.710e-09	-4.220e-09	-7.830e-10	-4.040e-09	-1.900e-09	-3.730e-09	-4.050e-09
1.660e-07	1.420e-07	9.940e-08	1.150e-07	1.810e-07	2.670e-08	1.740e-07	7.540e-08	1.590e-07	1.740e-07
-5.620e-06	-4.430e-06	-5.190e-06	-5.700e-06	-5.900e-06	-6.120e-07	-5.700e-06	-2.230e-06	-5.180e-06	-5.750e-06
0.000142321	0.000102307	7.600e-05	8.820e-05	0.000144525	6.440e-06	0.000139416	4.720e-05	0.000125081	0.000142456
-0.001633111	-0.001691774	-0.001297684	-0.001501811	-0.002577487	9.750e-05	-0.001473349	-0.000689622	-0.001191583	-0.002175218
0.035919658	0.018685977	0.014896394	0.017133242	0.032028804	-0.009146023	0.030262957	0.009139138	0.018439969	0.032486708

Рисунок 5. Свертка исходных данных для 10 тестовых веществ

Figure 5. Convolution of input data for 10 test substances

Поочередная подача на вход исходных данных позволила оценить точность классификации тестовой выборки. Из 10 веществ неверно классифицировано было лишь 1.

Заключение

1. Большое количество классов (12) и вид представления информации (динамические кривые), получаемой с «электронного носа», делают целесообразным построение системы распознавания образов на основе нейронной сети.

Для проверки корректности работы нейронной сети было использовано 10 тестовых веществ, содержащих один или несколько контрольных образцов, используемых для обучения нейронной сети.

Для свертки исходных данных для каждого из тестовых веществ была осуществлена аппроксимация выходов каждого из 8 сенсоров полиномиальной регрессией 19-го порядка. Полученные входные данные представлены на рисунке 5.

2. Искусственное уменьшение времени проведения анализа до 60 с не позволяет распознать тяжелолетучие компоненты, проявляющих себя на второй минуте анализа.

3. Для свертки имеющейся информации без существенной потери информационной емкости признаков предложено использовать полиномиальную регрессию, коэффициенты которой подаются на вход нейронной сети, что позволяет классифицировать вещества с высокой степенью точности.

Литература

- 1 Omatu S., Mitsuaki Y. E-nose system by using neural networks // Neurocomputing. 2016. V. 172. P. 394–398.
- 2 Никитина С.Ю., Кучменко Т.А., Рудаков О.Б., Дроздова Е.В. Применение методики «электронный нос» для оценки качества пищевого этанола // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2015. № 1. С. 26–35.
- 3 Проблемы аналитической химии. Том 14. Химические сенсоры: монография; под ред. Ю.Г. Власова. М.: Наука, 2011. 399 с.
- 4 Большакова Л.В., Примакин А.И., Яковлева А.Н. Применение кластерного и дискриминантного анализов в процессе обработки и интерпретации статистических данных при обеспечении экономической и информационной безопасности хозяйствующего субъекта // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. 2014. № 2 (62). С. 148–156.
- 5 Аль-Хашеда А.А., Обади А.А., Нуриев Н.К. Разработка математического и программного обеспечения задач распознавания образов на основе перцептрона // Вестник Казанского технологического университета. 2017. Т. 20. № 11. С. 85–88.
- 6 Карпов А.С. Сравнение методов обучения нейронной сети для задачи распознавания изображений // Вестник современных исследований 2017. № 6–1 (9). С. 122–123.
- 7 Vijayaditya P., Povey D., Khudanpur S. A time delay neural network architecture for efficient modeling of long temporal contexts // Sixteenth Annual Conference of the International Speech Communication Association. 2015.
- 8 Dai W., Dai C., Qu S., Li J. et al. Very deep convolutional neural networks for raw waveforms // 2017 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). IEEE, 2017. doi: 10.1109/ICASSP.2017.7952190
- 9 Sainath T.N., Vinyals O., Senior A., Sak H. Convolutional, long short-term memory, fully connected deep neural networks // 2015 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). IEEE, 2015. doi: 10.1109/ICASSP.2015.7178838
- 10 Szulczyński B. et al. Determination of odour interactions in gaseous mixtures using electronic nose methods with artificial neural networks // Sensors. 2018. V. 18. № 2. P. 519. doi: 10.3390/s18020519
- 11 Jing Y.-Q., Meng Q.-H., Qi P.-F., Cao M.-L. et al. A bioinspired neural network for data processing in an electronic nose // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement 2016. V. 65. № 10. P. 2369–2380. doi: 10.1109/TIM.2016.2578618

References

- 1 Omatu S., Mitsuaki Y. E-nose system by using neural networks. Neurocomputing. 2016. vol. 172. pp. 394–398.
- 2 Nikitina S.Yu., Kuchmenko T.A., Rudakov O.B., Drozdova E.V. Application of the “electronic nose” technique to assess the quality of food ethanol. Bulletin of the Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy. 2015. no. 1. pp. 26–35. (in Russian).
- 3 Problems of analytical chemistry. Vol. 14. Chemical sensors: monograph; ed. Yu.G. Vlasov. Moscow, Nauka, 2011. 399 p. (in Russian).
- 4 Bolshakova L.V., Primakin A.I., Yakovleva A.N. The use of cluster and discriminant analyzes in the processing and interpretation of statistical data while ensuring economic and information security of an economic entity. Bulletin of the St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia. 2014. no. 2 (62). pp. 148–156. (in Russian).
- 5 Al'-Khashedi A.A., Obadi A.A., Nuriev N.K. Development of mathematical and software for pattern recognition problems based on the perceptron. Bulletin of Kazan Technological University. 2017. vol. 20. no. 11. pp. 85–88. (in Russian).
- 6 Karpov A.S. Comparison of neural network training methods for image recognition. Bulletin of modern studies 2017. no. 6–1 (9). pp. 122–123. (in Russian).
- 7 Vijayaditya P., Povey D., Khudanpur S. A time delay neural network architecture for efficient modeling of long temporal contexts. Sixteenth Annual Conference of the International Speech Communication Association. 2015.
- 8 Dai W., Dai C., Qu S., Li J. et al. Very deep convolutional neural networks for raw waveforms. 2017 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). IEEE, 2017. doi: 10.1109/ICASSP.2017.7952190
- 9 Sainath T.N., Vinyals O., Senior A., Sak H. Convolutional, long short-term memory, fully connected deep neural networks. 2015 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). IEEE, 2015. doi: 10.1109/ICASSP.2015.7178838
- 10 Szulczyński B. et al. Determination of odour interactions in gaseous mixtures using electronic nose methods with artificial neural networks. Sensors. 2018. vol. 18. no. 2. pp. 519. doi: 10.3390/s18020519
- 11 Jing Y.-Q., Meng Q.-H., Qi P.-F., Cao M.-L. et al. A bioinspired neural network for data processing in an electronic nose. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement 2016. vol. 65. no. 10. pp. 2369–2380. doi: 10.1109/TIM.2016.2578618

Сведения об авторах

Елена А. Балашова к.т.н., доцент, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, helbal@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-9886-5402>

Information about authors

Elena A. Balashova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, helbal@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-9886-5402>

Валерия В. Битюкова д.м.н., профессор, акушерство и гинекология ИДПО, Воронежский государственный медицинский университет им. Бурденко, пер. Здоровья, 2, г. Воронеж, 394024, Россия, acusher.idpo@vsmaburdenko.ru

Valeriya V. Bityukova Dr. Sci. (Med.), professor, obstetrics and gynecology IAPE, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Zdoroviya lane, 2, Voronezh, 394024, Russia, acusher.idpo@vsmaburdenko.ru

Анатолий А. Хвостов д.т.н., профессор, кафедра математики, ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул. Старых Большевиков, 54А, г. Воронеж, 394064, Россия, khvtol1974@ya.ru

Anatoly A. Khvostov Dr. Sci. (Engin.), professor, math department, Military Research Center of the Air Force “Air Force Academy named after prof. N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarina”, Old Bolsheviks st., 54 A, Voronezh, 394064, Russia, khvtol1974@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3836-9407>

 <https://orcid.org/0000-0002-3836-9407>

Вклад авторов

Елена А. Балашова провела расчеты, написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Валерия В. Битюкова обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Анатолий А. Хвостов консультация в ходе исследования

Contribution

Elena A. Balashova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism, , performed computations

Valeriya V. Bityukova review of the literature on an investigated problem

Anatoly A. Khvostov consultation during the study

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 14/07/2019	После редакции 31/07/2019	Принята в печать 09/08/2019
Received 14/07/2019	Accepted in revised 31/07/2019	Accepted 09/08/2019

Меднение волокнистых материалов на основе полиакрилонитрила

Наталья В. Борисова¹ bnvkn75@mail.ruЛуиза М. Мавлютова¹ loiza1994@bk.ru¹ Энгельсский технологический институт, пл. Свободы, д.17, г. Энгельс, 413100, Россия

Аннотация. В настоящее время резко возросла необходимость создания новых multifunctional материалов, отвечающих требованиям технологий и потребностей общества. Кроме того, с увеличением количества всевозможных «гаджетов», систем связи, источников электромагнитного «загрязнения» окружающей среды, вызванного функционированием сотовой связи, персональных компьютеров и других источников, актуальной становится защита от излучения, электромагнитных волн радиочастотного диапазона от 30 Гц до 3000 ГГц. Для этих целей можно использовать модифицированные волокна и ткани методом металлизации. В качестве объектов исследования выбран тканый материал на основе жгутика полиакрилонитрильного для специальных целей (ООО «СНВ») с заводскими свойствами: номинальной линейной плотностью элементарного волокна, 0,12 текс, удельной разрывной нагрузкой волокна 450 мН/текс, удлинением элементарного волокна при разрыве 18%. В работе химическое меднение проводили двумя способами: первый представлял собой классическую схему металлизации пластмасс; второй способ проводили по новой малостадийной и малокомпонентной технологии, которая включала две основные стадии: активация поверхности и химическое меднение. Проведенный анализ поверхности волокнистого материала, металлизированного гальваническим способом с предварительным химическим меднением как по традиционной технологии, так и по малостадийной, показал, что покрытия в двух случаях равномерные по всей поверхности волокнистого материала и имеют характерный цвет меди, причем металлическая медь имеет зернистую структуру при плотной упаковке зёрен друг к другу. При этом снижается удельное электрическое сопротивление ПАН – волокнистых материалов. Металлизация тканых материалов на основе ПАН-волокнистых материалов в малокомпонентном электролите по малостадийной технологии химического меднения является перспективной, так как получаемые покрытия отличаются высокими электрическими свойствами, при этом снижается экологическая напряженность из-за отсутствия вредных компонентов электролита (кислот при травлении) и промывных вод.

Ключевые слова: химическое меднение, гальваническое меднение, полиакрилонитрильные волокнистые материалы, защитные экраны от электромагнитного излучения

Coppering of fibrous materials based on polyacrylonitrile

Natalia V. Borisova¹ bnvkn75@mail.ruLouise M. Mavlyutova¹ loiza1994@bk.ru¹ Engels Technological Institute, Svobody sq., 17, Engels, 413100, Russia

Abstract. Currently, the need to create new multifunctional materials that meet the requirements of technology and the needs of society has sharply increased. In addition, with the increase in the number of various "gadgets", communication systems, sources of electromagnetic "pollution" of the environment caused by the functioning of cellular communications, personal computers and other sources, protection against radiation and electromagnetic waves of the radio frequency range from 30 Hz to 3000 GHz becomes relevant. For these purposes, you can use modified fibers and fabrics by metallization. As the objects of study, we chose a woven material based on a polyacrylonitrile flagellum for special purposes (START LLC) with factory properties: nominal linear density of elementary fiber, 0.12 tex, specific tensile load of the fiber 450 mN/tex, elongation of the elementary fiber at break 18 %. In the work, chemical copper plating was carried out in two ways: the first was a classical metallization scheme for plastics; the second method was carried out according to a new low-stage and low-component technology, which included two main stages: surface activation and chemical copper plating. The analysis of the surface of a fibrous material metallized by a galvanic method with preliminary chemical copper plating, both by traditional technology and by low-stage, showed that in two cases the coatings are uniform over the entire surface of the fibrous material and have a characteristic copper color, and metallic copper has a granular structure with a dense Packed grains to each other. At the same time, the electrical resistivity of PAN-fibrous materials is reduced. Metallization of woven materials based on PAN-fibrous materials in a low-component electrolyte using a low-stage chemical copper plating technology is promising, since the resulting coatings are characterized by high electrical properties, while reducing environmental stress due to the absence of harmful electrolyte components (acids during etching) and washing water.

Keywords: chemical coppering, galvanic coppering, polyacrylonitrile fibrous materials, protective screens from electromagnetic radiation

Для цитирования

Борисова Н.В., Мавлютова Л.М. Меднение волокнистых материалов на основе полиакрилонитрила // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 187–191. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-187-191

For citation

Borisova N.V., Mavlyutova L.M. Coppering of fibrous materials based on polyacrylonitrile. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 187–191. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-187-191

Введение

В настоящее время резко возросла необходимость создания новых многофункциональных материалов, отвечающих требованиям технологий и потребностей общества. Кроме того, с увеличением количества всевозможных «гаджетов», систем связи, источников электромагнитного «загрязнения» окружающей среды, вызванного функционированием сотовой связи, персональных компьютеров и других источников, актуальной становится защита от излучения, электромагнитных волн радиочастотного диапазона от 30 Гц до 3000 ГГц. Для этих целей можно использовать модифицированные волокна и ткани методом металлизации [1–3].

Наиболее доступным и удобным способом получения металлизированных волокон является химическая металлизация, которая обычно осуществляется путем восстановления металлов из растворов их солей непосредственно на поверхности волокна. Данный метод включает последовательные операции, сопровождающиеся промывкой как горячей, так и холодной, причем после каждой стадии, что значительно повышает экологическую напряженность этого производства [4–5].

Цель работы – изучение экологически безопасного способа меднения тканых ПАН-волоконистых материалов для придания им специальных свойств, в частности, повышения электрической проводимости и защиты от электромагнитных излучений радиочастотного диапазона.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования выбран тканый материал на основе жгутика полиакрилонитрильного для специальных целей (ООО «СНВ»), ТУ 2272-001-82666421-2009 с изм. 1, с заводскими свойствами [6–8]:

- номинальная линейная плотность элементарного волокна 0,12 текс;

- номинальная линейная плотность жгута 360 текс;
- удельная разрывная нагрузка волокна 450 мН/текс;
- удлинение элементарного волокна при разрыве $18 \pm 3\%$.

Проводили химическое меднение двумя способами. Первый представлял собой классическую схему металлизации пластмасс. Технологическая линия такого меднения включала следующие стадии: 1 – обезжиривание; 2 – травление; 3 – сенсibilизацию; 4 – активацию; 5 – акселерацию; 6 – химическое меднение. Металлизацию ПАН-волоконистого материала вторым способом проводили по новой малостадийной и малокомпонентной технологии, которая включает только две основные стадии: активацию поверхности щелочным раствором, определенной концентрации; химическое меднение в электролите, состоящем из 2 компонентов, один из которых медный купорос. Полученные образцы ткани после химического меднения металлизировали гальваническим способом.

Результаты и обсуждение

Проведенный анализ поверхности ПАН-волоконистого материала, металлизированного гальваническим способом с предварительным химическим меднением как по традиционной технологии [9–10], так и по малостадийной, показал, что покрытия в 2 случаях равномерные по всей поверхности волоконистого материала и имеют характерный цвет меди (рисунок 1).

При большем увеличении гальванического покрытия видно, что металлическая медь имеет зернистую структуру при плотной упаковке зёрен друг к другу. При этом снижается удельное электрическое сопротивление ПАН-волоконистых материалов.

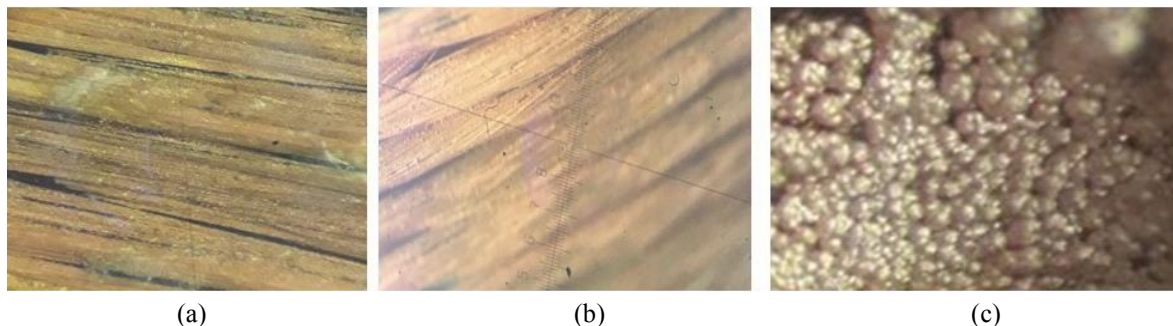


Рисунок 1. Микроструктура покрытия на ПАН-волоконистых материалах после электрохимического меднения (увеличение $\times 200$), полученного по традиционной (a) и малокомпонентной (b) схеме химического меднения, увеличение $\times 500$ (c)

Figure 1. The microstructure of the coating on the PAN-fibrous materials after the electrochemical copper plating (magnification $\times 200$) obtained by conventional (a) and few component's (b) the scheme of chemical copper plating, magnification $\times 500$ (c)

Исследование зависимости сопротивления медного покрытия от времени гальванической металлизации в электролите меднения при силе тока 0,02 А и напряжении 2,0 В показало, что сопротивление снижается в обоих случаях и достигает на 60 минут сопротивления, близкого сопротивлению медного электрода (рисунок 2).

Металлизированная ткань по малостадийной технологии может применяться в качестве

защитного экрана от излучения электромагнитных волн радиочастотного диапазона от 30 Гц до 3000 ГГц. Изучение электромагнитных свойств исследуемых образцов проводили при помощи измерителя электрического поля ИЭП-05 (в качестве источника излучения электромагнитных волн радиочастотного диапазона от 30 Гц до 3000 ГГц выбрали генератор) (рисунок 3).

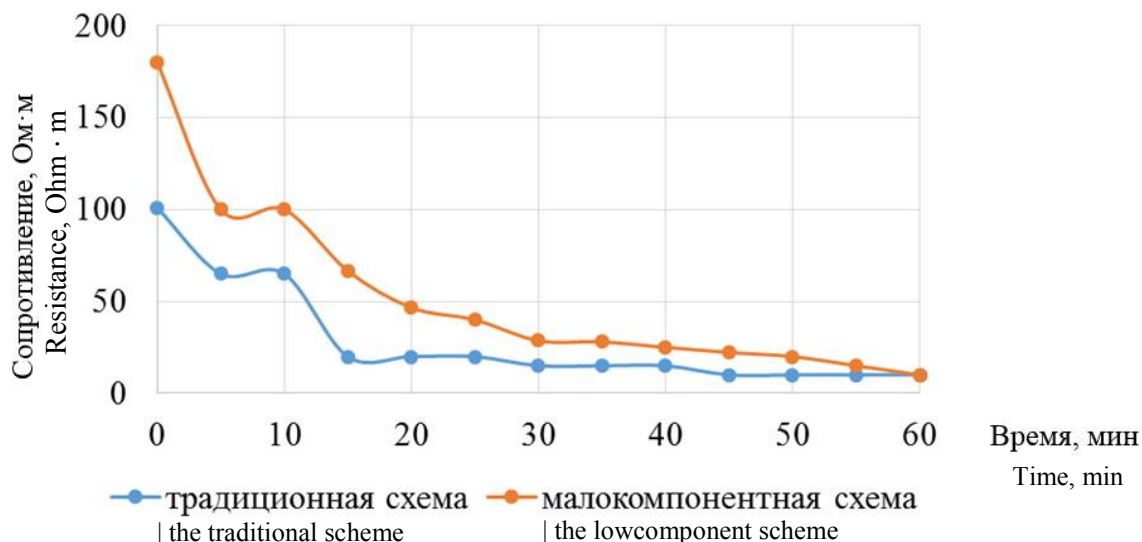


Рисунок 2. Зависимость сопротивления медного покрытия от времени гальванической металлизации в электролите меднения при силе тока 0,02 А и напряжении 2,0 В, полученного по традиционной и малокомпонентной схеме химического меднения

Figure 2. The dependence of the resistance of the copper coating on the time of galvanic metallization in the copper plating electrolyte at a current of 0.02 A and a voltage of 2.0 V, obtained by the traditional and low-component scheme of chemical copper plating

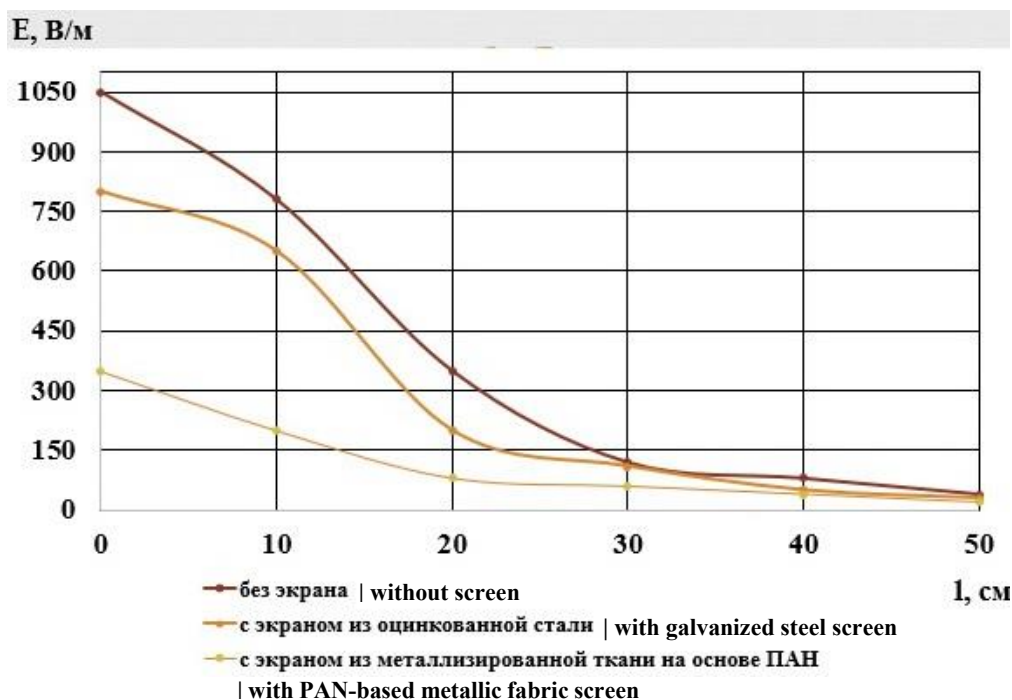


Рисунок 3. Зависимость напряженности электрического поля (E) от расстояния (l)

Figure 3. The dependence of the electric field (E) on the distance (l)

Зависимость напряженности электрического поля от расстояния показала, что напряженность электрического поля с применением защитного экрана из оцинкованной стали снижается в 1,5 раза, тогда как из металлизированной такни на основе ПАН-волоконистых материалов – в 3 раза.

Заключение

Металлизация тканых материалов на основе ПАН-волоконистых материалов в малокомпонентом электролите по малостадийной технологии химического меднения является

перспективной, так как получаемые покрытия отличаются высокими электрическими свойствами, при этом снижается экологическая напряженность из-за отсутствия вредных компонентов электролита (кислот при травлении) и промывных вод. Актуальная область применения таких металлизированных волоконистых материалов – защитный экран от излучения электромагнитных волн радиочастотного диапазона от 30 Гц до 3000 ГГц, который снижает напряженность электрического поля в 3 раза.

Литература

- 1 Ichikawa K., Basaki N., Yamashita Y. Plasma-Induced Bubble Microjet Metallization of Elastomer // *Micromachines* (Basel). 2019. V. 10. № 6. P. 389. doi: 10.3390/mi10060389.
- 2 Kamran U., Heo Y.-J., Lee J.W. Functionalized Carbon Materials for Electronic Devices: A Review // *Micromachines* (Basel). 2019. V. 10. № 4. P. 234. doi: 10.3390/mi10040234.
- 3 Changchun L., Xuelian L., Tianze X. Preparation of Conductive Polyester Fibers Using Continuous Two-Step Plating Silver // *Materials* (Basel). 2018. V. 11. № 10. P.2033. doi: 10.3390/ma11102033.
- 4 ИТС 36-2017. Информационный технический справочник. Обработка поверхностей металлов и пластмасс с использованием электролитических или химических процессов. М.: Бюро НДТ. 2017. 238 с.
- 5 Changchun L., Xuelian L., Tianze X. Preparation of Conductive Polyester Fibers Using Continuous Two-Step Plating Silver // *Materials* (Basel). 2018. V. 11. № 10. P.2033. doi: 10.3390/ma11102033.
- 6 Borisova N.V., Zakirova S.M., Krivosheina N.N. Analysis of structure and properties of chemically metallized polyacrylonitrile fibrous materials // *Fibre Chemistry*. 2019. V. 50. № 5. P. 428–432.
- 7 Morugova O.A., Borisova N.V., Ustinova T.P. Structural Features and Properties of Oxy-Pan Waste of Different Oxidation States and its Possible Use in Composite Technology // *Fibre Chemistry*. 2016. V. 48. № 1. P. 34–38.
- 8 Karp E.M., Eaton T.R., i Nogué V.S., Vorotnikov V. et al. Renewable acrylonitrile production // *Science*. 2017. V. 358. № 6368. P. 1307–1310. doi: 10.1126/science.aan1059.
- 9 Xue Y., Liu J., Liang J. Correlative study of critical reactions in polyacrylonitrile based carbon fiber precursors during thermal-oxidative stabilization // *Polimer Degradation and Stability*. 2013. V. 98. № 1. P. 219–229.
- 10 Некрасова А.А., Мавлютова Л.М., Борисова Н.В., Устинова Т.П. Анализ свойств медненных полиакрилонитрильных прекурсоров // *Перспективные полимерные композиционные материалы. Альтернативные технологии. Переработка. Применение. Экология: доклады Международной конференции «Композит-2019»*. Саратов: ГАУ ДПО «СОИРО», 2019. С. 91–96.
- 11 Кривошеина Н.Н., Мавлютова Л.М., Закирова С.М., Борисова Н.В. Исследование возможности металлизации разноокисленных волоконистых отходов производства окси-ПАН // *Актуальные проблемы теории и практики электрохимических процессов: сборник материалов III Международной научной конференции молодых ученых*. Том 2. Саратов: ГАУ ДПО «СОИРО», 2017. С. 46–50.

References

- 1 Ichikawa K., Basaki N., Yamashita Y. Plasma-Induced Bubble Microjet Metallization of Elastomer. *Micromachines* (Basel). 2019. vol. 10. no. 6. pp. 389. doi: 10.3390/mi10060389.
- 2 Kamran U., Heo Y.-J., Lee J.W. Functionalized Carbon Materials for Electronic Devices: A Review. *Micromachines* (Basel). 2019. vol. 10. no. 4. pp. 234. doi: 10.3390/mi10040234.
- 3 Changchun L., Xuelian L., Tianze X. Preparation of Conductive Polyester Fibers Using Continuous Two-Step Plating Silver. *Materials* (Basel). 2018. vol. 11. no. 10. pp. 2033. doi: 10.3390/ma11102033.
- 4 ITS 36-2017. Information technical reference. Surface treatment of metals and plastics using electrolytic or chemical processes. Moscow, Byuro NDT, 2017. 238 p. (in Russian).
- 5 Borisova N.V., Zakirova S.M., Krivosheina N.N. Analysis of structure and properties of chemically metallized polyacrylonitrile fibrous materials. *Fibre Chemistry*. 2019. vol. 50. no. 5. pp. 428–432.
- 6 Morugova O.A., Borisova N.V., Ustinova T.P. Structural Features and Properties of Oxy-Pan Waste of Different Oxidation States and its Possible Use in Composite Technology. *Fibre Chemistry*. 2016. vol. 48. no. 1. pp. 34–38.
- 7 Karp E.M., Eaton T.R., i Nogué V.S., Vorotnikov V. et al. Renewable acrylonitrile production. *Science*. 2017. vol. 358. no. 6368. pp. 1307–1310. doi: 10.1126/science.aan1059.
- 8 Xue Y., Liu J., Liang J. Correlative study of critical reactions in polyacrylonitrile based carbon fiber precursors during thermal-oxidative stabilization. *Polimer Degradation and Stability*. 2013. vol. 98. no. 1. pp. 219–229.
- 9 Nekrasova A.A., mavlyutova L.M., Borisova N.V., Ustinova T.P. Analysis of properties of copper polyacrylonitrile precursors. Promising polymer composite materials. Alternative technology. Processing. Application. Ecology: reports Of the international conference “Composite-2019”. Saratov, SAI CPE “SRIDE”, 2019. pp. 91–96. (in Russian).
- 10 Krivosheina N.N., mavlyutova L.M., Zakirova S.M., Borisova N.V. Investigation of the possibility of metallization of different oxidized fibrous waste of oxy-PAN production. Actual problems of theory and practice of electrochemical processes: proceedings of the III International scientific conference of young scientists. Vol. 2. Saratov, SAI CPE “SRIDE”, 2017. pp. 46–50. (in Russian).

Сведения об авторах

Наталья В. Борисова к.т.н., доцент, кафедра технологии и оборудования химических, нефтегазовых и пищевых производств, Энгельсский технологический институт, пл. Свободы, 17, г. Энгельс, 413100, Россия, bnvkt75@mail.ru
Луиза М. Мавлютова аспирант, кафедра технологии и оборудования химических, нефтегазовых и пищевых производств, Энгельсский технологический институт, пл. Свободы, 17, г. Энгельс, 413100, Россия, loiza1994@bk.ru

Information about authors

Natalia V. Borisova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology and equipment of chemical, oil and gas and food industries department, Engels Technological Institute, Svobody sq., 17, Engels, 413100, Russia, bnvkt75@mail.ru
Louise M. Mavlyutova graduate student, technology and equipment of chemical, oil and gas and food industries department, Engels Technological Institute, Svobody sq., 17, Engels, 413100, Russia, loiza1994@bk.ru

Вклад авторов

Наталья В. Борисова консультация в ходе исследования
Луиза М. Мавлютова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Contribution

Natalia V. Borisova consultation during the study
Louise M. Mavlyutova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 25/07/2019	После редакции 01/08/2019	Принята в печать 14/08/2019
Received 25/07/2019	Accepted in revised 01/08/2019	Accepted 14/08/2019

Разработка материала-носителя биомассы из высоконаполненного микроцеллюлозой ПВД

Мария В. Шелкунова¹ mar.sher2010@yandex.ru  0000-0002-5494-0554

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

Аннотация. Исследован композитный материал на основе ПВД (полиэтилена высокого давления), наполненный на 30 об.% древесной микроцеллюлозой (МЦ), с целью оценки возможности его применения в качестве биоагрузки (носителя биомассы) очистных сооружений. Материал получали в промышленных условиях с помощью двухшнекового экструдера с листовальной головкой, далее из листа с помощью вырубного пресса получали образцы композитной биоагрузки в виде дисков диаметром 4,0 см и толщиной 1,5 мм. Исследована микроструктура и морфологические показатели композита. Установлено, что пористость составляет около 58%, шероховатость поверхности – 3,5 ед., плотность – порядка 450 кг/куб.м. Изучены основные технологические показатели расплава композита методом капиллярной вискозиметрии, получены зависимости сдвиговых напряжений и вязкости расплава исследуемого материала в диапазоне скоростей переработки. Установлено, что композит относится к удовлетворительно перерабатываемым термопластам. Проведена коррекция Бэгли. Исследована термомеханическая стабильность материала, установлена критическая температура переработки – 200 °С. Исследованы эксплуатационные свойства материала: прочность при разрыве составила 1,6 МПа, относительное удлинение при разрыве – 12%, водопоглощение за 24 часа вымачивания – 31,2%. Сухой остаток биомассы активного ила за 10 сут его иммобилизации на композитной биоагрузке составил 5,54%, что превышает в 2,4 раза прирост биомассы на традиционно используемом материале биоагрузок – чистом полиэтилене. Материал обладает относительной химической стойкостью, не теряет своих эксплуатационных показателей в течение длительного периода эксплуатации. В частности, потеря прочности при разрыве после 5-кратного замораживания, вымачивания в 0,01 н растворах серной, уксусной кислоты и гидроксида натрия (в течение 6 мес.), воздействия УФ солнечного излучения (в течение 12 мес.), вымачивания в воде (в течение 12 мес.) не превысила 10–12%. Таким образом, композит состава ПВД:МЦ (70:30 об.%) можно рекомендовать к применению на биологических очистных сооружениях в качестве высокоэффективной биоагрузки.

Ключевые слова: композит, полиэтилен, микроцеллюлоза, биоагрузка, носитель биомассы, иммобилизация активного ила

Development of biomass carrier from high-filled with microcellulose LDPE

Mariya V. Shelkunova¹ mar.sher2010@yandex.ru  0000-0002-5494-0554

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. In this paper, a composite material based on LDPE filled with 30 vol.% wood microcellulose (MC), in order to assess the possibility of its use as a biomass carrier treatment facilities. The material was obtained in industrial conditions by means of a twin-screw extruder with a leaf head, then samples of a composite biomass carrier in the form of discs with a diameter of 4 cm and a thickness of 1.5 mm were obtained from the sheet by means of a cutting press. Investigated the microstructure and morphological parameters of the composite, it was found that the porosity is about 58%, the surface roughness is 3.5 units of density about 450 kg/cubic m. the basic technological parameters of the melt of the composite by the method of capillary viscometry, the dependences of the shear stress and the melt viscosity of the test material in the velocity range processing, it was found that the composite refers to satisfactory recyclable thermoplastics. Bagley correction was performed. The thermomechanical stability of the material was investigated, the critical temperature of processing-200 °C. the operational properties of the material were Investigated: the tensile strength was 1.6 MPa, the elongation at break-12%, water absorption for 24 hours of soaking-31.2%. The dry biomass residue of activated sludge for 10 days of its immobilization on a composite biomass carrier amounted to 5.54%, which exceeds by 2.4 times the biomass growth on the traditionally used material-pure polyethylene. The material has a relative chemical resistance, does not lose its performance over a long period of operation. In particular, the loss of tensile strength after 5-fold freezing, soaking in 0.01 n solutions of sulfuric acid, acetic acid and sodium hydroxide (for 6 months), exposure to UV solar radiation (for 12 months), soaking in water (for 12 months) did not exceed 10-12%. Thus, the composite composition of LDPE: MC (70: 30 vol.%) can be recommended for use in biological treatment plants as a highly efficient carrier material-biomass.

Keywords: composite, polyethylene, microcellulose, the biomass carrier, immobilization of activated sludge

Введение

Актуальность разработки новой высокоэффективной биоагрузки для очистки сточных вод связана с необходимостью реконструкции действующих и модернизации проектируемых биологических очистных сооружений (БОС), ужесточением экологического законодательства в сфере водоотведения, необходимостью

повышения качества и снижения рисков биологической очистки сточных вод [1, 2]. Современные БОС предусматривают наличие биоагрузки (БЗ), в качестве которой чаще всего применяются пластиковые элементы сложной геометрии (ерши, звездочки и пр.), недостатки которых (быстрое заиливание, невозможность очищения и регенерации, потеря функциональности)

Для цитирования

Шелкунова М.В. Разработка материала-носителя биомассы из высоконаполненного микроцеллюлозой ПВД // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 192–194. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-192-194

For citation

Shelkunova M.V. Development of biomass carrier from high-filled with microcellulose LDPE. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 192–194. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-192-194

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

снижают качество очистки [3]. Зарубежные исследования в данной области в последнее время направлены на разработку материалов-носителей биомассы с высокой иммобилизационной способностью и возможностью самоочищения (например, немецкая биоагрузка BioChip и др.) [4, 5]. Данная работа предусматривает разработку аналога современных плавающих биоагрузок в виде дисков.

Перспективность разработки технологий иммобилизации микроорганизмов для очистки сточных вод отмечают многие зарубежные исследователи [6–8]. Одним из наиболее эффективных способов повышения иммобилизационной способности биоагрузок является создание развитой пористой структуры, позволяющей фиксировать биомассу не только на поверхности, но и в объеме материала [9]. Использование пористых материалов из «чистых» полиолефинов, имеющих плотность 0,8–0,9 г/см³, сопровождается невозможностью равномерного распределения плавающей загрузки по объему азротенка (био-реактора). В связи с этим применение композитного материала на основе полиэтилена (ПЭ) и целлюлозы (Ц) является возможным решением проблемы получения эффективной биоагрузки [10], при этом с технологической точки зрения предпочтительно использовать полиэтилен высокого давления (ПВД) и микроцеллюлозу с размером частиц не более 200 мкм (МЦ).

Цель работы – получение высокоэффективной композитной биоагрузки (КБЗ) для БОС состава «ПВД:МЦ» и комплексная оценка технологических и эксплуатационных свойств материала.

В задачи исследования входило:

- получение образцов КБЗ на современном оборудовании,
- оценка морфологических показателей КБЗ (плотность, пористость, шероховатость),
- оценка технологических свойств композита «ПВД:МЦ» (реологическое поведение, термомеханическая стабильность),
- оценка эксплуатационных показателей КБЗ (прочность, эффективность иммобилизации активного ила, стойкость к внешним факторам).

Материалы и методы

Объектом исследования был композит состава «ПВД: МЦ» (ПВД марки 10803–20, МЦ – древесная) в соотношении 70:30 об.% соответственно, в качестве объекта сравнения использовали чистый ПЭ. Композит в виде листа получали методом компаудирования с использованием двухшнекового экструдера

при температуре 170 °С. Далее из листа с помощью вырубного пресса получали КБЗ в виде дисков диаметром 4 см и толщиной 1,5 мм (рисунок 1).



Рисунок 1. Образец композитной биоагрузки состава ПВД:МЦ (70:30 об.%)

Figure 1. Sample of composite biomass carrier of composition «LDPE:MC» (70: 30 vol.%)

Структуру композита оценивали с помощью цифрового микроскопа LevenhukD870T, плотность – по ГОСТ 15139–69, шероховатость поверхности – по отношению максимальной и минимальной толщины образца. Определение реологических показателей проводилось методом капиллярной вискозиметрии с помощью реометра «Smart RHEO-1000» с программным обеспечением «CeastVIEW 5.94 4D». Прочностные показатели оценивали по ГОСТ 11262–80 с помощью разрывной машины РМ-50 с программным обеспечением StretchTest, водопоглощение – по ГОСТ 4650–2014. Эффективность иммобилизации микрофлоры оценивали весовым методом по приросту биомассы в динамике (по сухому остатку).

Результаты и обсуждение

Структурные особенности композитных материалов на основе термопластов зависят от многих факторов, в том числе от дисперсности наполнителя, текучести полимерной матрицы, сродства между компонентами и пр. От структурных особенностей, в свою очередь, зависят эксплуатационные показатели БЗ – прочность, эффективность иммобилизации биомассы, диффузия компонентов сточных вод в объем материала и т. д. Микроструктура композита «ПВД:МЦ» (70:30 об.%) показана на рисунке 2. Как видно, в сравнении с чистым ПЭ структура композита «рыхлая», пористая, это приводит к снижению прочности материала, но в то же время к повышению эффективности фиксации активного ила на БЗ. Численные показатели структуры (морфологические характеристики) композитного материала отражены в таблице 1.

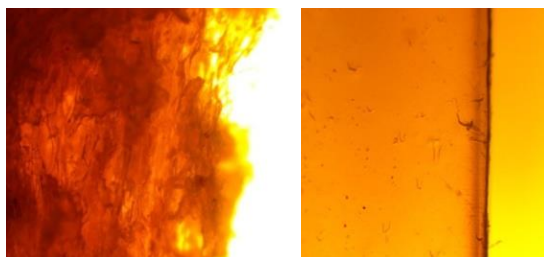


Рисунок 2. Микрофотографии срезов композита «ПВД:МЦ» (70:30 об.%) и чистого ПЭ

Figure 2. Micrographs of sections composite "LDPE:MC" (70: 30 vol.%) and pure PE

Таблица 1.
Морфологические характеристики композита «ПВД:МЦ» в сравнении с чистым ПЭ

Table 1.
Morphological characteristics of the composite "LDPE: MC" in comparison with pure PE

Показатель Indicator	ПВД:МЦ, (70:30 об.%) "LDPE:MC" (70: 30 vol.%)	ПЭ / PE
Пористость, % Porosity, %	58	0
Шероховатость Roughness	3,5	0
Плотность, кг/м ³ Density, kg/m ³	450	860

Для прогнозирования поведения термопластичных композитных материалов в реальных производственных условиях наиболее информативен метод капиллярной вискозиметрии в диапазоне скоростей, температур и на капиллярах различной длины, который позволяет установить зависимости реологического поведения композита, его термомеханическую стабильность, а также провести коррекцию Бэгли

Зависимость вязкости и напряжения сдвига композита ПВД:МЦ (70:30 об.%) от скорости переработки ($t = 180^\circ \text{C}$, длина капилляра 5 мм) показана на рисунке 3. В исследуемом диапазоне скоростей (приближенных к реальным производственным) при температуре 180°C исследуемый композит имеет стабильное течение, без дефектов экструдата.

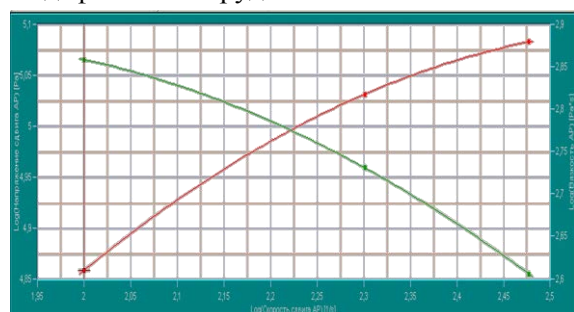


Рисунок 3. Зависимость вязкости и напряжения сдвига композита «ПВД:МЦ» (70:30 об. %) от скорости переработки

Figure 3. Dependence of viscosity and shear stress of the composite "LDPE:MC" (70: 30 vol.%) of the processing speed

Результаты проведенной коррекции Бэгли, позволяющей оценить реологические показатели композита независимо от длины формирующего канала (капилляра), представлены на рисунке 4.

Стр. 6 - финальный объект Бэгли

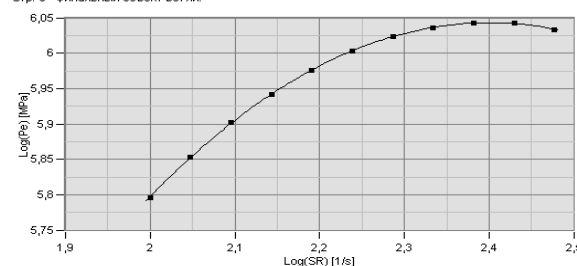


Рисунок 4. Коррекция Бэгли для композита «ПВД:МЦ» (70:30 об. %)

Figure 4. Bagley correction for composite "LDPE:MC" (70: 30 vol.%)

Так как исследуемый композит содержит значительное количество полисахарида, а его промышленная переработка подразумевает термомеханическое воздействие, возникает необходимость оценки термостойкости материала [9]. Образцы экструдатов, подвергшихся термомеханическому воздействию при различных температурах переработки, представлены на рисунке 5. Установлено, что при температуре 200°C начинаются процессы деструкции наполнителя (материал темнеет), но при этом не наблюдается срыва струи экструдата. При 220°C наблюдаются необратимые дефекты экструдата – потемнение, срыв струи, соответствующий запах. Таким образом, критической температурой для композита «ПВД:МЦ» (70:30 об.%) можно считать 190°C , но в реальных производственных условиях не рекомендуется превышать 180°C .

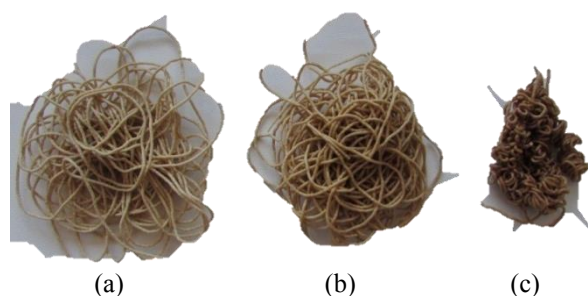


Рисунок 5. Экструдаты композита «ПВД:МЦ» (70:30 об. %) при температуре переработки, $^\circ \text{C}$: а – 180; б – 200; в – 220

Figure 5. Extrudates of composite "LDPE:MC" (70: 30 vol.%) at the temperature of processing, $^\circ \text{C}$: а – 180; б – 200; в – 220

Очевидно, что материалы, применяемые в качестве биоагрузок, должны обладать достаточной прочностью, химической стойкостью и стабильностью показателей, в связи с чем необходимо исследовать КБЗ на стойкость к внешним воздействиям, присущим БОС: диапазону pH 5 ÷ 8,

отрицательной температуре на случай форс-мажорных ситуаций в зимнее время, естественным климатическим факторам, включающим солнечное УФ-излучение и пр.

Диаграмма изменения показателя прочности при разрыве композита ПВД:МЦ (70:30 об.%) при воздействии различных внешних факторов представлена на рисунке 6. Установлено, что потеря прочности при разрыве после 5-кратного замораживания, вымачивания в 0,01 н растворах серной, уксусной кислоты и гидроксида натрия (в течение 6 мес.), воздействия УФ солнечного излучения (в течение 12 мес.), вымачивания в воде (в течение 12 мес.) не превысила 10%. Таким образом, композит состава ПВД:МЦ (70:30 об.%) можно считать относительно химически стойким к внешним воздействиям.

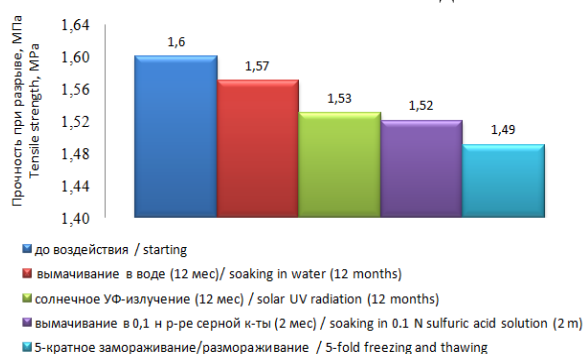


Рисунок 6. Показатель прочности при разрыве композита «ПВД:МЦ» (70:30 об.%) после воздействия внешних факторов

Figure 6. Tensile strength of the composite "LDPE:MC" (70: 30 vol.%) after exposure to external factors

Оценка эффективности иммобилизации активного ила (АИ) на КБЗ проводилась по сухому остатку биомассы в динамике контакта с исследуемым материалом в лабораторном аэротенке (объект сравнения – чистый ПЭ). Для исследования брали АИ из регенераторов аэротенков очистных сооружений г. Воронежа, гидробиологические показатели которого соответствовали данным [11]. Установлено, что иммобилизационная способность КБЗ – 5,54% прироста биомассы активного ила за 10 сут (по сухому остатку), что превышает в 2,5 раза прирост биомассы на традиционно используемом материале БЗ – чистом ПЭ.

Заключение

1. Установлено, что наполнение ПВД микроцеллюлозой (30 об.%) позволяет значительно повысить иммобилизационную способность композитной биоагрузки (более чем в 2,5 раза) за счет создания развитой структуры (пористости, шероховатости).
2. Технологические свойства бинарного композита ПВД:МЦ (70:30 об.%) позволяют проводить его переработку в современном высокоскоростном оборудовании, при этом температурный предел составляет 190° С.
3. Прочностные показатели и стойкость к внешним факторам бинарного композита ПВД:МЦ (70:30 об.%) позволяют использовать его в процессах биологической очистки сточных вод в качестве плавающей биоагрузки.

Литература

- 1 Нгуен Т.А., Кульков В.Н., Солопанов Е.Ю. Использование синтетических материалов на основе полиамидных волокон для интенсификации биологической очистки сточных вод // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2018. Т. 8. № 1. С. 168–174.
- 2 Маркевич Р.М., Гребенчикова И.А., Роденко А.В. Особенности биоценоза активного ила, находящегося в свободном состоянии и иммобилизованного на полимерном носителе // Труды БГТУ. 2013. №4. С.219-223.
- 3 Жмур Н.С. Анализ причин неэффективной работы малых сооружений биологической очистки. // Водоснабжение и канализация. 2010. №9–10. С.57–76.
- 4 Chernysh Y., Plyatsuk L. The carrier development for biofilms on the basis of technogenic wastes for pollutants treatment in the environmental protection technologies // Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2019. V. F2. P. 422–432.
- 5 Bidinger S.Ch., Dzedzig B. Mutag BioChip, the ultimate MBBR carrier for biological wastewater treatment. URL: <http://www.mutag-biochip.com>
- 6 Thomson T. Polyurethane Immobilization of Cells and Biomolecules: Medical and Environmental Applications. London: Wiley, 2018.
- 7 Andersson S., Nilsson M., Dalhammar G., Kuttuva Rajarao G. Assessment of carrier materials for biofilm formation and denitrification. 2008. V. 64. P. 201–207.
- 8 Cláudia Silveira S.M., Claudia M.M., Cidrão Guedes Fiúza L.M., Tédde Santaella S. Immobilization of microbial cells: a promising tool for treatment of toxic pollutants in industrial wastewater // Afr. J. Biotech. 2013. V. 12. № 28. P. 4412–4418.
- 9 Долженко Л.А. Иммобилизация активного ила на носителях биореактора в условиях нитрификации и денитрификации // Образование и наука в современном мире. Инновации. 2016. № 4. С. 150–157.
- 10 Студеникина Л.Н., Корчагин В.И., Шелкунова М.В., Дочкина Ю.Н. et al. Модификация полиэтилена микроцеллюлозой для повышения его иммобилизационной способности // Вестник ВГУ. 2018. № 3. С. 23–29.
- 11 Жердев В.Н., Студеникина Л.Н., Шелкунова М.В. Видовой состав активного ила из аэротенков ЛОС // Модели и технологии природообустройства (Региональный аспект). 2016. № 2. С. 34–39.

References

- 1 Nguyen T.A., Kulkov V.N., Soloponov E.Yu. The use of synthetic materials based on polyamide fibers for intensification of biological purification of waste waters. *Proceedings of the universities. Investment. Construction. Realty*. 2018. vol. 8. no. 1. pp. 168–174. (in Russian).
- 2 Markevich R.M., Grebenshikova I.A., Rodenko A.V. Features of a biocenosis of active silt, in the free state and immobilized on the polymeric media. *Proceedings of BSTU*. 2013. no. 4. pp. 219–223. (in Russian).
- 3 Zhmur N.S. Analysis of the causes of inefficient operation of small biological treatment facilities. *Water supply and Sewerage*. 2010. no. 9–10. pp. 57–76. (in Russian).
- 4 Chernysh Y., Plyatsuk L. The carrier development for biofilms on the basis of technogenic wastes for pollutants treatment in the environmental protection technologies. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 2019. vol. F2. pp. 422–432.
- 5 Bidinger S.Ch., Dzedzig B. Mutag BioChip, the ultimate MBBR carrier for biological wastewater treatment. Available at: <http://www.mutag-biochip.com>
- 6 Thomson T. *Polyurethane Immobilization of Cells and Biomolecules: Medical and Environmental Applications*. London: Wiley, 2018.
- 7 Andersson S., Nilsson M., Dalhammar G., Kuttuva Rajarao G. Assessment of carrier materials for biofilm formation and denitrification. 2008. vol. 64. pp. 201–207.
- 8 Cláudia Silveira S.M., Claudia M.M., Cidrão Guedes Fiúza L.M., Tédde Santaella S. Immobilization of microbial cells: a promising tool for treatment of toxic pollutants in industrial wastewater. *Afr. J. Biotech.* 2013. vol. 12. no. 28. pp. 4412–4418.
- 9 Dolzhenko L.A. Immobilization of activated sludge in the bioreactor media in the context of nitrification and denitrification. *Education and science in the modern world. Innovations*. 2016. no. 4. pp. 150–157. (in Russian).
- 10 Studenikina L.N., Korchagin V.I., Shelkunova M.V., Dochkina Yu.N. The Modification of polyethylene with microcellulose to increase its immobilization ability. *Vestnik VSU*. 2018. no. 3. pp. 23–29. (in Russian).
- 11 Zherdev V.N., Studenikina L.N., Shelkunova M.V. Species composition of activated sludge from LOS aeration tanks. *Models and technologies of nature management (regional aspect)*. 2016. no. 1 (2). pp. 34–39. (in Russian).

Сведения об авторах

Мария В. Шелкунова аспирант, кафедра промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mar.sher2010@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-5494-0554>

Вклад авторов

Мария В. Шелкунова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Mariya V. Shelkunova graduate student, industrial ecology, chemical and petrochemical production equipment department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mar.sher2010@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-5494-0554>

Contribution

Mariya V. Shelkunova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Поступила 25/07/2019	После редакции 02/08/2019	Принята в печать 16/08/2019
Received 25/07/2019	Accepted in revised 02/08/2019	Accepted 16/08/2019

Моделирование процесса регенерации нефтезагрязненной кварцевой загрузки водными растворами природного ПАВ в виброожиженном слое

Александра А. Иванова ¹	sashai0307@yandex.ru	 0000-0001-8749-9251
Михаил Г. Беренгартен ¹	berengarten@mail.ru	 0000-0002-0282-8202
Михаил А. Булатов ¹	profbulatov@mail.ru	 0000-0003-4359-7575

¹ Московский политехнический университет, ул. Б. Семёновская, 38, г. Москва, 107023, Россия

Аннотация. Разработка новых и модернизация существующих технологических систем, направленных на увеличение эффективности очистки поверхностных ливневых и промышленных сточных вод, является актуальным направлением. Так как в системах очистки сточных вод отдельные объекты связаны друг с другом, то изменение параметров работы одного из них скажется и на других. Например, проведение правильной эффективной регенерации скорого фильтра, подобранной под определенный сорт фильтрующего материала и вид загрязнения, позволит разгрузить работу очистной станции в целом. Актуальным направлением является внедрение экологически чистых технических решений и технологий. Поэтому особое внимание уделено природному поверхностно-активному веществу (ПАВ), которое может быть использовано в качестве активного вещества регенерирующего раствора. Исследован процесс регенерации нефтезагрязненной пробы кварцевого песка раствором ПАВ в виброожиженном слое. Имитация водной промывки была достигнута с помощью экспериментальной установки с виброприводом. Проба кварцевого песка была отобрана из скорого фильтра Котляково-Коломенских групповых сооружений ГБУ «Промотходы» после вывода его на промывку. В качестве активного компонента регенерирующего раствора было выбрано вещество природного происхождения, полисахарид-гуммиарабик, обладающее высокой поверхностной активностью в отношении масло-жировых отложений. Концентрация гуммиарабика в регенерирующем растворе была выбрана на уровне 1%. Получены результаты влияния частоты и амплитуды виброколебаний на процесс регенерации. Для оценки эффективности процесса регенерации предложен безразмерный симплекс, представляющий собой отношение объемной взвешивающей силы к силе виброколебаний. Показана высокая степень регенерации пробы кварцевого песка в виброожиженном слое.

Ключевые слова: обратная промывка, регенерация, ПАВ, виброожиженный слой, псевдоожижение

Modeling of regeneration process of oil contaminated quartz sand with water solution of natural surfactant in vibratory fluidized bed

Alexandra A. Ivanova ¹	sashai0307@yandex.ru	 0000-0001-8749-9251
Mikhail G. Berengarten ¹	berengarten@mail.ru	 0000-0002-0282-8202
Mikhail A. Bulatov ¹	profbulatov@mail.ru	 0000-0003-4359-7575

¹ Moscow Polytechnic University, B. Semenovskaya str, 38, Moscow, 107023, Russia

Abstract. The development of new and modernization of existing technological systems aimed at increasing the efficiency of treatment of surface storm water and industrial wastewater is an important area. Since individual objects are connected to each other in wastewater treatment systems, a change in the operation parameters of one of them will affect the others. For example, carrying out the correct effective regeneration of the quick filter, selected for a certain grade of filter material and the type of pollution, will relieve the work of the treatment plant as a whole. The actual direction is the introduction of environmentally friendly technical solutions and technologies. Therefore, special attention is paid to a natural surface-active substance (surfactant), which can be used as an active substance in a regenerating solution. The process of regeneration of an oil-contaminated sample of silica sand with a surfactant solution in a vibrated fluid bed is studied. Simulation of water flushing was achieved using an experimental setup with a vibrodrive. A quartz sand sample was taken from the quick filter of the Kotlyakovo-Kolomna group facilities of the Promotkhody waste facility after it was flushed. As an active component of the regenerating solution, a substance of natural origin, gum arabic polysaccharide, which has high surface activity against oil-fat deposits, was chosen. The concentration of gum arabic in the regenerating solution was chosen at the level of 1%. The results of the influence of the frequency and amplitude of vibrations on the regeneration process are obtained. To assess the effectiveness of the regeneration process, a dimensionless simplex is proposed, which is the ratio of the volumetric weighing force to the force of vibrations. A high degree of regeneration of a quartz sand sample in a fluidized bed is shown.

Keywords: backwashing, regeneration, surfactant, vibratory fluidized bed, fluidization

Для цитирования

Иванова А.А., Беренгартен М.Г., Булатов М.А. Моделирование процесса регенерации нефтезагрязненной кварцевой загрузки водными растворами природного ПАВ в виброожиженном слое // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 197–202. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-197-202

For citation

Ivanova A.A., Berengarten M.G., Bulatov M.A. Modeling of regeneration process of oil contaminated quartz sand with water solution of natural surfactant in vibratory fluidized bed. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 197–202. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-197-202

Введение

В настоящее время для фильтрования промышленного и ливневого стоков широко используются скорые фильтры, большей частью с кварцевой загрузкой. При этом основные способы обратной промывки этих фильтров давно известны и хорошо изучены. К ним относят водную и водовоздушную промывку.

Изменение качественного состава сточной воды, поступающей на стадию фильтрования, привело к выводу о недостаточной эффективности существующих способов промывки скорых фильтров. В связи с этим возникает необходимость в создании альтернативных способов регенерации промышленных фильтров.

Изучение регенерации скорых фильтров в процессах очистки нефтезагрязненных сточных вод позволяет не только эффективно управлять данным процессом, но и прогнозировать время работоспособности фильтра. Таким образом, выполненная работа направлена на решение актуальной задачи по интенсификации процесса регенерации скорого фильтра от нефтезагрязнений с последующей минимизацией габаритов сооружений и их стоимости.

Основными загрязняющими веществами сточных вод промышленной и ливневой канализации являются нефтепродукты и взвешенные вещества. В аналитическом значении при анализе вод под «нефтепродуктами» принято считать сумму неполярных и малополярных углеводородов, растворимых в гексане и несорбирующихся оксидом алюминия [1].

В пористой среде фильтрующего слоя частицы нефтепродуктов прилипают к поверхности кварца, задерживаются в мелких порах, что с течением времени приводит к кольматации фильтрующей загрузки [2]. Данное условие снижает эффективность работы аппарата и затрудняет проведение его обратной промывки, т. к. наличие пленки нефтезагрязнений на поверхности фильтра оказывает значительное влияние на переход фильтрующей загрузки во взвешенное состояние.

Режим обратной промывки определяется двумя параметрами: интенсивностью подачи промывной воды и ее продолжительностью. Продолжительность промывки оказывает влияние на процессы, происходящие при взвешивании слоя – снятие (отрыв) загрязнений и их транспортирование [3]. Интенсивность подачи промывной воды зависит от крупности и плотности фильтрующего материала, а также от расхода и вязкости воды (ее температуры и состава) и

определяется условием перехода фильтрующего слоя во взвешенное состояние. Минимальное значение интенсивности для потока промывной воды должно быть достаточным для взвешивания всего фильтрующего слоя, разрушения и выноса загрязнений из слоя. Для скорых фильтров с загрузкой фракции 0,8–2,0 мм значение интенсивности находится в пределах 14–16 л/(с·м²) [4].

Рост интенсивности потока способствует быстрому и более полному удалению загрязнений из фильтра, но при чрезмерно большой интенсивности может происходить унос мелких фракций фильтрующей загрузки.

Интенсифицировать процесс промывки скорых фильтров обратным током воды от нефтезагрязнений можно, проводя предварительно верхнюю промывку фильтрующей загрузки растворами ПАВ [5].

В качестве активного компонента регенерирующего раствора было выбрано вещество, обладающее высокими поверхностными свойствами – гуммиарабик. Гуммиарабик – эффективный эмульгатор и стабилизатор эмульсий типа вода–масло, что объясняется защитным действием коллоидов. Гуммиарабик содержит низкобелковый, низкомолекулярный арабиногалактан (AG), богатый белками Гликопротеид (GI) и высокомолекулярный арабиногалактан-протеиновый комплекс (AGP). Именно наличие арабингалактан-протеинового комплекса позволяет использовать гуммиарабик в качестве эмульгатора [6].

Моющее действие гуммиарабика проявляется в удалении жидких и твердых загрязнений с поверхности и переводе их в моющую жидкость в виде растворов или дисперсий. Молекулы гуммиарабика создают на поверхности капле нефти прочные адсорбционные слои. Гидрофобная часть молекулы связывается с нефтепродуктами, а гидрофильная – ориентируется в сторону водного раствора. При этом происходит гидрофилизация капле нефтепродуктов, что препятствует их коалесценции (слиянию) [7].

Введенное в промываемую систему поверхностно-активное вещество снижает поверхностное натяжение на границе нефтепродукт-фильтрующая загрузка, вызывая при этом локальные уменьшения пленки нефтепродукта в точке ввода и ее утолщения по радиусу. Данное условие способствует увеличению касательных напряжений и отрыву капле нефтепродукта в процессе промывки фильтра обратным током воды [8].

В процессе регенерации при взвешивании фильтрующего слоя интенсивным потоком промывной воды происходит отрыв нефтезагрязнений от поверхности зерен загрузки за счет увеличения гидродинамических напряжений на поверхности кварца, а также столкновения зерен загрузки и их трения друг о друга.

Визуальное наблюдение и количественные измерения локальных параметров показывают, что во время промывки взвешенный слой частиц фильтрующего слоя непрерывно пульсирует: он неоднороден в пространстве и не стационарен во времени. К настоящему времени теоретически обосновано и экспериментально доказано существование различных типов волн давления и порозности, объясняющее механизмы распространения колебаний во взвешенном слое [9]. Однако механизм взаимодействия различных типов волн в слое пока изучен недостаточно. В связи с этим важно исследовать влияние амплитуды и частоты колебаний на процесс промывки нефтезагрязненного фильтрующего слоя во взвешенном слое.

Учитывая данное обстоятельство, смоделировать процесс регенерации скорого фильтра раствором ПАВ в лабораторных условиях стало возможным на экспериментальной установке с виброприводом [10] (Рисунок 1).

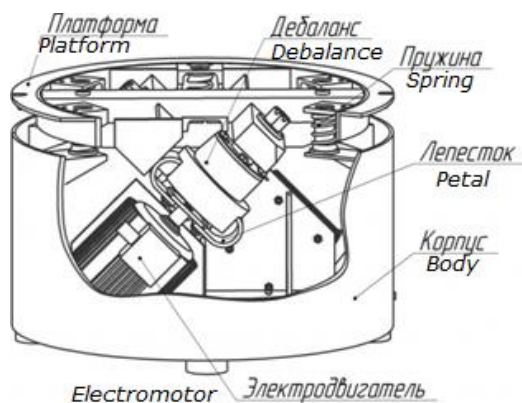


Рисунок 1. Устройство вибропривода

Figure 1. The vibration gear

При включении вибропривода в сеть электродвигатели вращают дебалансные вибраторы, которые придают платформе с установленными на ней элементами винтовые возвратно-поступательные колебания с частотой вращения вибраторов. Данный вид колебаний обеспечивает движение частиц по спирали от центра к стенкам сосуда, благодаря чему достигается имитация обратной промывки скорого фильтра в виброожиженном слое.

Цель работы – исследование процесса регенерации скорого фильтра раствором природного ПАВ от нефтепродуктов в виброожиженном слое. Под улучшением качества регенерации понимается повышение степени регенерации кварцевой загрузки от нефтезагрязнений и сокращение расхода промывной воды, т. е. времени промывки.

Материалы и методы

Исследование проводилось на нефтезагрязненном кварцевом песке, отобранном из скорого фильтра Котляково-Коломенских очистных сооружений ГБУ «Промотходы» после вывода его на регенерацию обратным током воды.

Для определения степени регенерации нефтезагрязненной кварцевой загрузки в ней предварительно измеряли концентрацию нефтепродуктов по методике определения нефтепродуктов в почве «Методика М 03–03–2012 ПНД Ф 16.1:2.21–98 (Издание 2012 г.)».

В качестве активного компонента регенерирующего раствора был выбран гуммиарабик, концентрация в растворе – 1%.

Имитация водной промывки была достигнута на установке с виброприводом (рисунок 2).

Интенсивность регенерации оценивалась с помощью критерия Кэмпбелла, число G [11]:

$$G = \sqrt{\frac{W}{\mu V t}}$$

Всякое колебательное движение происходит с ускорением, на колебательные тела действует сила, сообщающая им ускорение [13].

$$F = m \cdot a,$$

где a – ускорение, м/с², равное произведению квадрата частоты, ω , мин⁻¹, на амплитуду A , мм ($a = \omega^2 \cdot A$); m – масса тела, совершающего колебание, г.

Произведение силы на амплитуду есть работа, затрачиваемая на перемешивание W .

Тогда имеем

$$G = \sqrt{\frac{m \omega^2 \cdot A^2}{\mu V t}},$$

где $m \omega^2 \cdot A^2 = W$ – работа, затрачиваемая на перемешивание, Н·м; A – амплитуда, мм; ω – угловая частота, с⁻¹; μ – динамическая вязкость раствора – 3,0 мПа·с; m – масса пробы кварца – 0,1 кг; V – объем регенерирующего раствора – 500 мл; t – время регенерации – 5 мин.

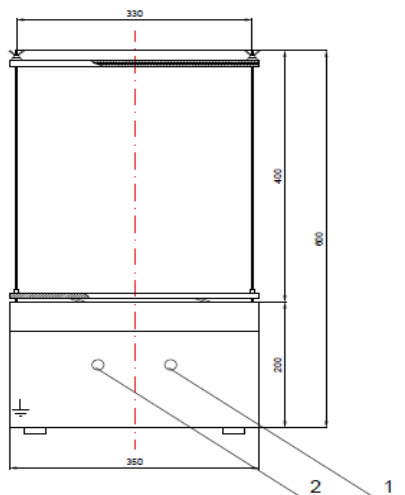


Рисунок 2. Установка с виброприводом: 1 – тумблер частоты; 2 – тумблер амплитуды

Figure 2. The device with vibration gear: 1 – frequency toggle switch; 2 – amplitude toggle switch

Амплитуда колебаний плиты A изменялась в диапазоне от 0,25–1,50 мм (контролируемые значение амплитуды – 0,25; 0,5; 1,0 и 1,5 мм), частота колебаний плиты f составила 1500 мин⁻¹.

Мерный стакан объемом 500 мл с пробой нефтезагрязненного кварцевого песка 0,1 кг и регенерирующим раствором 0,5 мл помещался на платформу вибропривода (рисунок 2) и фиксировался на ней с помощью крепления. Температура раствора и загрузки была на уровне 16 °С. Время регенерации – 5 мин.

Для установки частоты и амплитуды вибропривода, времени воздействия на платформе вибропривода имеются тумблеры. По истечении времени отбиралась навеска отмытого кварцевого песка для измерения концентрации нефтепродуктов после регенерации по описанной выше методике. На каждую отобранную пробу производилось трехкратное измерение концентрации нефтепродуктов в отмытом кварцевом песке. Усредненные значения результатов эксперимента представлены на рисунке 3.

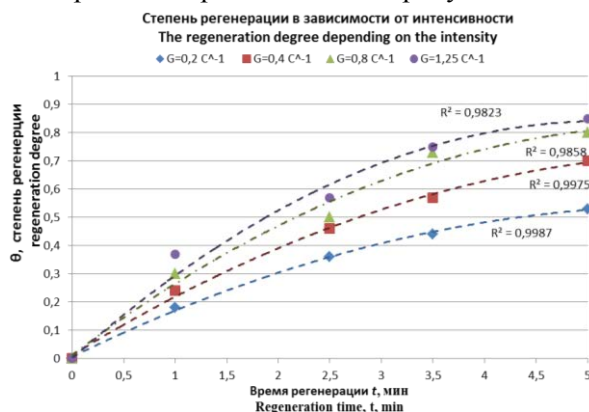


Рисунок 3. Степень регенерации в зависимости от интенсивности перемешивания

Figure 3. The degree of regeneration process depending on the mixing intensity

Качественным показателем регенерации кварцевого песка является степень регенерации. Степень регенерации выражается отношением разности начальной и конечной концентрации нефтепродуктов в кварцевой загрузке к начальной концентрации умноженным на 100:

$$\theta = \frac{C_{\text{нач}} - C_{\text{кон}}}{C_{\text{нач}}} \cdot 100.$$

Для дальнейшего моделирования процесса регенерации кварцевой загрузки был введен безразмерный симплекс N , равный отношению взвешивающей гидродинамической силы к приложенной силе виброколебаний F и оценивающий относительное взаимное влияние двух этих сил:

$$N = \frac{\Delta p_{\text{сл}}}{lF},$$

где $\Delta p_{\text{сл}}/l$ – объемная взвешивающая сила, равная весу твердой фазы в единице объема [12];

$$N = \frac{g(\rho - \rho_0)(1 - \varepsilon)}{m \cdot A(2\pi f)^2},$$

где $F = m \cdot A \omega^2 = m \cdot A(2\pi f)^2$; m – масса загрузки, кг; A – амплитуда, м; ω – угловая частота, с⁻¹; f – частота, с⁻¹.

Число N характеризует эффективность регенерации кварцевой загрузки в виброоживленном слое.

С помощью отношения были выполнены числовые расчеты. В расчете приняты следующие значения параметров, характерные для регенерирующего раствора: $\rho_0 = 1000$ кг/м³; и регенерируемой зернистой среды: $\rho = 1400$ кг/м³, $\varepsilon = 0,25$, $f = 1500$ мин⁻¹.

Результаты и обсуждение

Результаты эксперимента показали, что увеличение амплитуды колебания вибропривода способствует активному перемешиванию пробы кварцевого песка и, как следствие, более полной регенерации за короткие промежутки времени. Из рисунка 3 видно, что наивысшая степень регенерации пробы нефтезагрязненного кварцевого песка была достигнута при интенсивности перемешивания $G = 1,25$ с⁻¹, где амплитуда колебаний составляла 1,5 мм.

С помощью введенного безразмерного симплекса возможно прогнозирование процесса регенерации при известных основных параметрах процесса. Числовые расчеты показали, что из полученных экспериментальных данных

наилучшее условие регенерации достигается при числе $N = 400$, где изменяемым параметром служила амплитуда колебаний.

Заключение

Проведенный эксперимент позволил смоделировать процесс регенерации нефтезагрязненного кварцевого песка скорого фильтра

в лабораторных условиях. Результаты эксперимента показали, что изменение таких параметров, как амплитуда и частота, позволяют управлять процессом регенерации.

Интенсифицировать процесс реагентной регенерации можно путем изменения таких параметров, как концентрация и температура регенерирующего раствора.

Литература

- 1 ГОСТ 31953–2012. Вода. Определение нефтепродуктов методом газовой хроматографии. М.: Стандартинформ, 2013.
- 2 Беренгартен М.Г., Булатов М.А. Регенерация с помощью растворов природного ПАВ скорого кварцевого фильтра, применяемого для очистки от нефтепродуктов // Вода: химия и экология. 2017. № 10. С. 24–29.
- 3 Еремеев Б.Б. Регенерация механических фильтров в процессах очистки нефтезагрязненных сточных вод: дис. канд. тех. наук. М., 2003. 188 с.
- 4 СП 31.13330.2012. СНиП 2.04.02–84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. М., 2012. 94 с.
- 5 Пат. № 2674911, RU, СПК52 В01D 24/46. Способ регенерации скорого фильтра с мелкозернистой кварцевой загрузкой растворами природного ПАВ / Алексеенко Е.Б., Иванова А.А. Патентообладатель: Иванова А.А. № 2017129594; Заявл. 21.08.2017; Опубл. 14.12.2018.
- 6 Гуммиарабик. ООО Агригам – Россия. URL: <http://www.agrigum.ru> //
- 7 Иванова А.А., Булатов М.А. Применение гуммиарабика в моющих композициях ПАВ // Известия МГТУ «МАМИ». 2012. № 2 (14). С. 106–109.
- 8 Santanna V.C., Castro Dantas T.N., Borges T.A., Bezerril A.R. The Influence of Surfactant Solution Injection in Oil Recovery by Spontaneous Imbibition // Petroleum Science and Technology. 2014. № 32. P. 2896–2902.
- 9 Аэров М.Э., Тодес О.М. Гидравлические и тепловые работы аппаратов со стационарным и кипящим слоем. Л.: Химия, 1986. 247 с.
- 10 Вибропривод ВП 30Т. Гранат. 2001–2019. URL: http://granat-e.ru/vibroprivod_vp-30_t.html
- 11 Яковлев С.В., Краснородько И.Г., Рогов В.М. Технологии электрохимической очистки воды. Л.: Стройиздат, 1987. 312 с.
- 12 Тодес О.М., Цитович О.Б. Аппараты с кипящим зернистым слоем. Л.: Химия, 1981. 296 с.

References

- 1 State Standard 31953–2012. Water. Determination of petroleum products by gas chromatography. Moscow, Standartinform, 2013. (in Russian).
- 2 Berengarten M.G., Bulatov M.A. Regeneration process of quartz filter with the natural surfactant solutions. Water: chemistry and ecology. 2017. no. 10. pp. 24–29. (in Russian).
- 3 Eremeev B.B. Regeneration of mechanical filters in the processes of purification of oil-contaminated wastewater. Moscow, 2003. 188 p. (in Russian).
- 4 SP 31.13330.2012. SNIP 2.04.02–84 water supply. External networks and facilities. Moscow, 2012. 94 p. (in Russian).
- 5 Alekseenko E.B., Ivanova A.A. A method of regeneration of the rapid sand filter with fine-grained quartz loading with surfactant solutions. Patent RF, no. 2674911, 2018.
- 6 Gum Arabic. Ltd Agrigum – Russia. Available at: <http://www.agrigum.ru> // (in Russian).
- 7 Ivanova A.A., Bulatov M.A. Application of gum Arabic in detergent compositions of surfactants. Izvestiya MG TU “MA MI”. 2012. no. 2 (14). pp. 106–109. (in Russian).
- 8 Santanna V.C., Castro Dantas T.N., Borges T.A., Bezerril A.R. The Influence of Surfactant Solution Injection in Oil Recovery by Spontaneous Imbibition. Petroleum Science and Technology. 2014. no. 32. pp. 2896–2902.
- 9 Aerov M.E., Todes O.M. Hydraulic and thermal work of devices with stationary and boiling layer. Khimiya, 1986. 247 p. (in Russian).
- 10 Vibroprivod VP 30t. Garnet. 2001–2019. Available at: http://granat-e.ru/vibroprivod_vp-30_t.html (in Russian).
- 11 Yakovlev S.V., Krasnoborodko I.G., Rogov V.M. Technologies of electrochemical water purification. Moscow, Stroizdat, 1987. 312 p. (in Russian).
- 12 Todes O.M., Tsitovich O.B. Apparatuses with boiling granular layer. Khimiya, 1981. 296 p. (in Russian).

Сведения об авторах

Александра А. Иванова аспирант, кафедры процессов и аппаратов химической технологии, Московский политехнический университет, ул. Б. Семёновская, 38, г. Москва, 107023, Россия, sashai0307@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-8749-9251>

Михаил Г. Беренгартен к.х.н., профессор, кафедры аппаратного оформления и автоматизации технологических производств, Московский политехнический университет, ул. Б. Семёновская, 38, г. Москва, 107023, Россия, berengarten@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-0282-8202>

Information about authors

Alexandra A. Ivanova graduate student, process and apparatus of chemistry technology department, Moscow Polytechnic University, B. Semenovskaya str, 38, Moscow, 107023, Russia, sashai0307@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-8749-9251>

Mikhail G. Berengarten Cand. Sci (Chem.) professor, hardware design and automation of technological productions department, Moscow Polytechnic University, B. Semenovskaya str, 38, Moscow, 107023, Russia, berengarten@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-0282-8202>

Михаил А. Булатов д.т.н., кафедра процессов и аппаратов химической технологии, Московский политехнический университет, Московский политехнический университет, ул. Б. Семёновская, 38, г. Москва, 107023, Россия, profbulatov@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4359-7575>

Вклад авторов

Александра А. Иванова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчеты

Михаил Г. Беренгартен консультация в ходе исследования

Михаил А. Булатов предложил методику проведения эксперимента и организовал испытания

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Mikhail A. Bulatov Dr. Sci. (Engin.), professor, process and apparatus of chemistry technology department, Moscow Polytechnic University, B. Semenovskaya str, 38, Moscow, 107023, Russia, profbulatov@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4359-7575>

Contribution

Alexandra A. Ivanova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Mikhail G. Berengarten consultation during the study

Mikhail A. Bulatov proposed a scheme of the experiment and organized trials

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 21/06/2019	После редакции 05/07/2019	Принята в печать 17/08/2019
Received 21/06/2019	Accepted in revised 05/07/2019	Accepted 17/08/2019

Систематизация и морфологический анализ резиновых мембран

Дмитрий В. Куделин¹kvmbaikal@ya.ru 0000-0002-5124-1168Татьяна Н. Несиоловская²nesiolovskayaln@ystu.ru 0000-0003-2024-6625¹ ООО «Научно-технический центр «Интайр», ул. Советская, 81, г. Ярославль, 150003, Россия² Ярославский государственный технический университет, Московский пр-т, 88, г. Ярославль, 150023, Россия

Аннотация. Конкурентоспособность резиновых мембран определяется как их качеством, надежностью и долговечностью, так и временем, необходимым для создания нового изделия. Поэтому исследователям необходимо иметь четкую картину актуальных и перспективных направлений проведения поисковых работ в области создания и применения резиновых мембран. Проведен системно-функциональный анализ, который выявил функции резиновых мембран, классификацию и их характерные признаки. Основными аспектами классификации резиновых мембран стали: принцип действия (выделяют мембраны прямого действия, предназначенные для преобразования изменения давления в перемещение, и мембраны обратного действия, предназначенные для преобразования перемещения в изменение давления), назначение и условия применения (выделяют мембраны силовые, компенсационные, насосные и демпферные), а также конструктивные признаки (выделяют плоские, гофрированные, тарельчатые, конические, оболочковые, сферические). Составлена матрица, взаимоувязывающая классификационные признаки: назначение, условия применения и особенности конструкции с такими показателями, как прочность, эластичность, большие обратимые деформации, сопротивление раздиру, усталостная выносливость, химическая инертность, маслостойкость, газонепроницаемость, долговечность, низкая токсичность и низкая стоимость. Выполнен морфологический анализ возможных технических решений при проектировании и создании резиновых мембран за счет использования различных каучуков. Конкретизация морфологического анализа возможных технических решений применительно к классификационным признакам показывает необходимость комбинации каучуков для получения резин с заданными техническими свойствами и возможность расширения спектра анализируемых каучуков для разработки перспективных технологических решений.

Ключевые слова: морфологический анализ, резиновые мембраны, классификация, каучуки, рецептура

Systematization and morphological analysis of rubber membranes

Dmitry V. Kudelin¹kvmbaikal@ya.ru 0000-0002-5124-1168Tatyana N. Nesiolovskaya²nesiolovskayaln@ystu.ru 0000-0003-2024-6625¹ Research and Development center "Intire" LLC, Sovetskaya Str., 81, Yaroslavl, 150003, Russia² Yaroslavl Technical State University, Moskovsky Av., 88, Yaroslavl, 150023, Russia

Abstract. Increasing of the competitiveness of rubber membranes is determined both by their quality, reliability and durability, and by the time required to create a new product. Therefore, researchers need to have a clear picture of current and perspective areas of exploration, as well as the creation and using of rubber membranes. In this work, a systemic-functional analysis was carried out that revealed the functions of rubber membranes, the classification and their characteristic features. The main aspects of the rubber membranes classification are: the principle of action (direct action membranes, designed to convert pressure changes into displacement, and inverse action membranes, designed to convert movement into pressure changes are distinguished), the purpose and conditions of use (allocate power, compensation, pumping and damping are distinguished), as well as design features (flat, convoluted, dished, conical, envelope-shaped, spherical are distinguished). A matrix of interconnected classification features was compiled: purpose, application conditions, and design features with indicators such as strength, elasticity, large reversible strains, tear resistance, fatigue endurance, chemical inertness, oil resistance, gas impermeability, durability, low toxicity and low cost. A morphological analysis of possible technical solutions in the design and creation of rubber membranes through the use of various rubbers has been performed. The concretization of the morphological analysis of possible technical solutions in relation to classification criteria shows the necessity of a combination of rubbers to obtain rubbers with specified technical properties and the possibility of expanding the range of analyzed rubbers for developing promising technological solutions.

Keywords: morphological analysis, rubber membranes, classification, rubbers, compounding

Введение

Важнейшей задачей резиновой промышленности является непрерывное повышение качества, надежности и долговечности изделий, в том числе резиновых мембран, которые нашли широкое применение в автомобильной, авиационной, станкостроительной, химической и других отраслях промышленности, а также в машиностроении. В большинстве случаев резиновые мембраны применяются в конструкциях,

позволяющих преобразовать изменение давления газа или жидкости в соответствующее изменение механического усилия (датчики и исполнительные механизмы регуляторов и др.), реже в качестве уплотнительных устройств. На практике существуют тысячи рецептов резиновых мембран, что связано с разнообразными условиями их эксплуатации и спектром требований, предъявляемых к ним.

Для цитирования

Куделин Д.В., Несиоловская Т.Н. Систематизация и морфологический анализ резиновых мембран // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 203–207. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-203-207

For citation

Kudelin D.V., Nesiolovskaya T.N. Systematization and morphological analysis of rubber membranes. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 203–207. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-203-207

В современных условиях увеличение конкурентоспособности разработок во многом определяется фактором времени. Поэтому исследователям необходимо иметь четкую картину актуальных и перспективных направлений проведения поисковых работ, а также создания и применения резиновых мембран. Цель работы – систематизация и морфологический анализ резиновых мембран.

Первым этапом работы было проведение системно-функционального анализа резиновых мембран, предполагающего выявление функций, ради которых они создаются. Изучение основных опубликованных источников [1–3] позволило

предложить обобщенную систематизацию резиновых мембран (рисунок 1).

По принципу действия резиновые мембраны подразделяются на мембраны прямого действия, предназначенные для преобразования изменения давления в перемещение, и мембраны обратного действия, предназначенные для преобразования перемещения в изменение давления (код А).

По назначению и условиям применения мембраны разделяют на силовые, компенсационные, насосные и демпферные (код Б).

По конструктивным признакам мембраны могут быть плоские, гофрированные, тарельчатые, конические, оболочковые, сферические (код В).

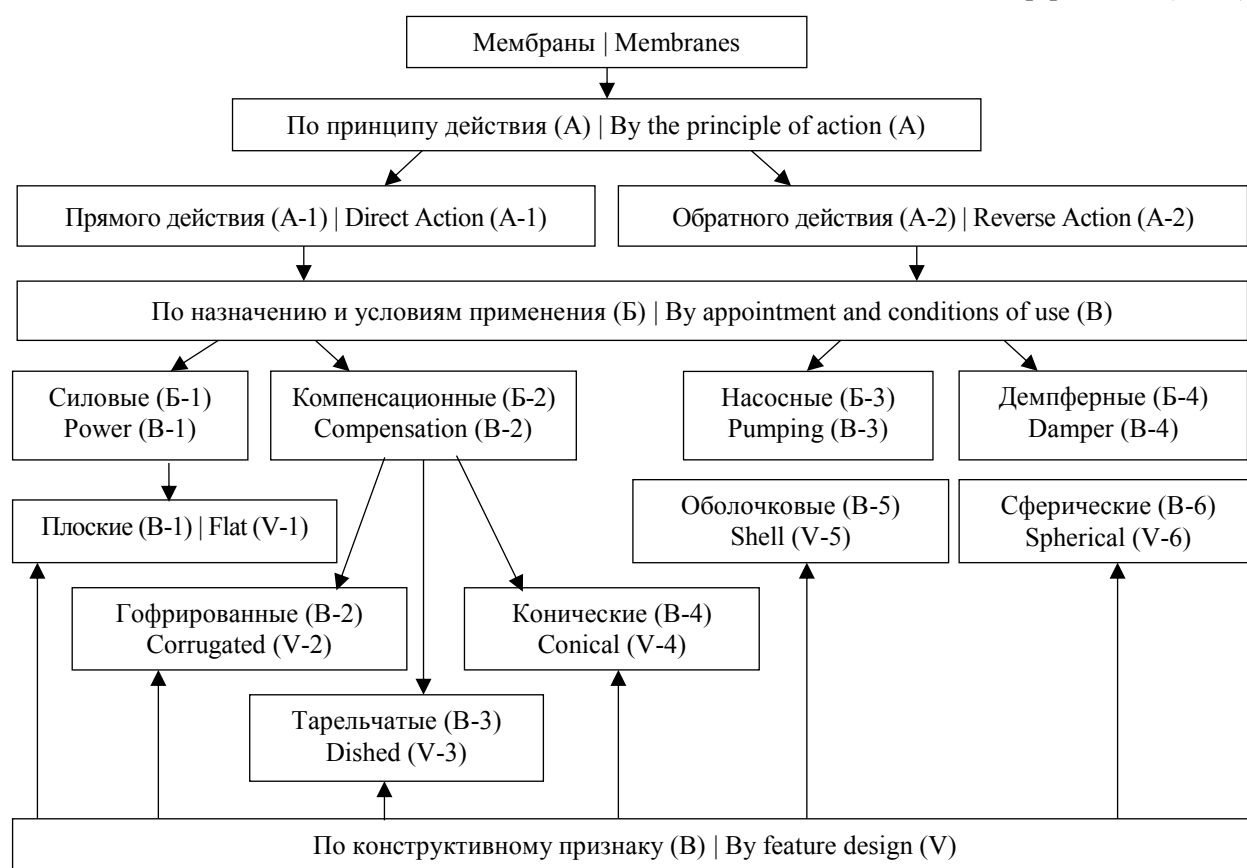


Рисунок 1. Основные принципы систематизации резиновых мембран

Figure 1. Basic principles of rubber membranes systematization

На основании проведенной систематизации и методов, применяемых при активизации инженерного творчества [4–9], составлена матрица показателей, которые характеризуют свойства резиновых мембран, определяющих основные функции, для выполнения которых они предназначены и которые обуславливают области их применения (таблица 1).

Возможные технические решения при проектировании и создании резиновых мембран могут быть обеспечены различными полимерными материалами, представленными в таблице 2 [9–13].

Этилен-пропилен-диеновый-каучук (СКЭПТ). Данный материал выдерживает температуру от -50 до 200 °С, может применяться для санитарных нужд. Главное его преимущество – долговечность. Мембраны из него выдерживают до 100 тыс. циклов динамического нагружения.

Резины на основе бутилкаучука (БК) обладают малой газо- и паропроницаемостью. Применимы для работы от -45 до 190 °С. Выдерживают до 60 тыс. циклов динамического нагружения.

Резины на основе натурального каучука (НК) применяются для изготовления мембран для санитарно-гигиенических целей. Диапазон рабочих температур – от -60 до 60 °С. Являются наиболее эластичными резинами, но обладают наименьшей стойкостью к диффузии воды и

слабой динамической стойкостью. Выдерживает до 5 тыс. циклов реального рабочего нагружения. Для промышленных целей используются мембраны на основе его синтетического аналога – изопренового каучука (СКИ-3), т. к. при тех же характеристиках они имеют меньшую стоимость.

Таблица 1.

Матрица показателей, определяющих области применения мембран

Table 1.

The matrix of indicators defining membrane applications

Классификационный признак Classification sign	Код мембраны Membrane Code	Показатели Indicators
Назначение и условия применения An appointment and conditions of use	Б-1 В-1	Прочность, эластичность, большие обратимые деформации Strength, elasticity, large reversible strain
	Б-2 В-2	Прочность, эластичность, большие обратимые деформации, сопротивление раздиру, химическая инертность Strength, elasticity, large reversible strain, tear resistance, chemical inertness
	Б-3 В-3	Прочность, усталостная выносливость, химическая инертность, сопротивление раздиру Strength, fatigue endurance, chemical inertness, tear resistance
	Б-4 В-4	Прочность, усталостная выносливость, химическая инертность Strength, fatigue endurance, chemical inertness
Особенность конструкции Design feature	В-1 В-1	Прочность, эластичность, большие обратимые деформации Strength, elasticity, large reversible strain
	В-2 В-2	
	В-3, В-3	
	В-4, В-4	Прочность, эластичность, большие обратимые деформации, сопротивление раздиру, химическая инертность Strength, elasticity, large reversible strain, tear resistance, chemical inertness
	В-5, В-5	Прочность, эластичность, сопротивление раздиру, низкая газопроницаемость Strength, elasticity, tear resistance, low gas permeability
	В-6, В-6	

Таблица 2.

Морфологический анализ решений при проектировании резиновых мембран

Table 2.

Morphological analysis of solutions in the design of rubber membranes

Требуемые свойства Required properties	Тип каучука Type of rubber						
	СКЭПТ EPDM	БК BR	СКИ-3 IR	НК NR	СКМС/ CKMC SBR	БНКС NBR	ХБК CIIR
Прочность Strength							
Эластичность Elasticity							
Большие обратимые деформации Large reversible strain							
Сопротивление раздиру Tear resistance							
Усталостная выносливость Fatigue endurance							
Химическая инертность Chemical inertness							
Маслобензостойкость Oil resistance							
Газонепроницаемость Low gas permeability							
Долговечность Durability							
Низкая токсичность Low toxicity							
Низкая стоимость Low cost							

■ материал обеспечивает требуемое свойство

Резины на основе бутадиен-стирольного (СКС) / бутадиен-метилстирольного (СКМС) каучука применяются для систем отопления. Один из самых дешевых материалов. Допустимый диапазон эксплуатации от -50 до 50 °С. Менее эластичен, чем перечисленные выше материалы.

Резины на основе бутадиен-нитрильного каучука (БНКС) используются для изготовления мембран, работающих в химически агрессивных средах (масло, топливо), температура эксплуатации – от -40 до +140 °С.

Резины на основе хлорбутил каучука (ХБК) обладают достоинствами резин на основе БК. Отличаются высокой долговечностью, обладают сравнительно низкой токсичностью (но и одни из самых дорогих). Мембраны используются чаще всего в пищевой промышленности. Применимы для работы от -45 до 190 °С.

Конкретизация морфологического анализа возможных технических решений применительно к классификационным признакам показывает необходимость комбинации каучуков для получения резин с заданными техническими свойствами и стоимостными параметрами, а также возможность расширения спектра

анализируемых каучуков для разработки перспективных технологических решений.

Заключение

Морфологический анализ совместно с другими методами реализации технических решений, используемых при создании резиновых мембран, позволяет решать следующие проблемы:

- разрабатывать перспективные технологические решения для улучшения характеристик изделия;
- проводить экспертизу новизны разрабатываемого изделия;
- проводить технико-экономическую экспертизу полезности разработок.

Литература

- 1 Резниченко С.В., Морозов Ю.Л. Большой справочник резинщика. Том 2. Резины и резинотехнические изделия. М.: ООО «Издательский центр «Техинформ» МАИ», 2012. 648 с.
- 2 ГОСТ 21905–76. Мембраны резиновые. Термины и определения. М.: Изд-во Комитета стандартов, мер, измерительных приборов при Совете Министров СССР, 1976. 10 с.
- 3 Применение резиновых технических изделий в народном хозяйстве. Справочное пособие; под ред. Д.Л. Федюкина. М.: Химия, 1986. 240 с.
- 4 Альтшуллер Г.С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач: 3-е изд., дополненное. Петрозаводск: Скандинавия, 2003. 240 с.
- 5 Militaru G. A critical evaluation of innovation and imitation processes: A conceptual approach // Scientific Bulletin, University Politehnica of Bucharest, Series C. 2011. V. 73. № 4. P. 273–286.
- 6 de Waal A., Ritchey T. Combining morphological analysis and Bayesian networks for strategic decision support // ORiON. 2007. V. 23 (2). P. 105–121.
- 7 Ritchey T. General Morphological Analysis (GMA) // Wicked problems–Social messes. Springer Berlin Heidelberg, 2011. P. 7–18.
- 8 Beddow J.K. Particle Characterization in Technology. Volume II: Morphological Analysis. CRC Press, 2017. 289 p.
- 9 Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. М.: Машиностроение, 1988. 368 с.
- 10 Технология резины: Рецептуростроение и испытания; под ред. Дика Дж. С.; пер. с англ. под ред. Шершнева В.А. СПб.: Научные основы и технологии, 2010. 620 с.
- 11 Guo Q. Polymer Morphology: Principles, Characterization, and Processing. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2016. 472 p.
- 12 Резниченко С.В., Морозов Ю.Л. Большой справочник резинщика. Том 1. Каучуки и ингредиенты М.: Техинформ, 2012. 744 с.
- 13 Федюкин Д.Л., Махлис Ф.А. Технические и технологические свойства резин. М.: Химия, 1985. 240 с.

References

- 1 Reznichenko S.V., Morozov U.L. Great handbook of an engineer. Vol. 2. Rubbers and rubber products. Moscow, Techninform MAI, 2012. 648 p. (in Russian).
- 2 GOST 21907–76. Rubber membranes. Terms and definitions. Moscow, State committee of standards, measures, measuring instruments of the council of ministers of the USSR, 1976. 10 p. (in Russian).
- 3 The use of rubber technical products in the national economy. Reference manual; under the editorship of D.L. Fedyukin. Moscow, Khimiya, 1986. 240 p. (in Russian).
- 4 Altshuller G.S. Find an idea. Introduction to the theory of inventive problem solving: 3rd ed. Petrozavodsk, Scandinavia, 2003. 240 p. (in Russian).
- 5 Militaru G. A critical evaluation of innovation and imitation processes: A conceptual approach. Scientific Bulletin, University Politehnica of Bucharest, Series C. 2011. vol. 73. no. 4. pp. 273–286.
- 6 de Waal A., Ritchey T. Combining morphological analysis and Bayesian networks for strategic decision support. ORiON. 2007. vol. 23 (2). pp. 105–121.
- 7 Ritchey T. General Morphological Analysis (GMA). Wicked problems–Social messes. Springer Berlin Heidelberg, 2011. pp. 7–18.
- 8 Beddow J.K. Particle Characterization in Technology. Volume II: Morphological Analysis. CRC Press, 2017. 289 p.
- 9 Polovinkin A.I. Fundamentals of engineering. Moscow, Engineering, 1988. 368 p. (in Russian).
- 10 Rubber technology: Formulation and testing. St. Petersburg, Scientific foundations and technologies, 2010. 620 p. (in Russian).
- 11 Guo Q. Polymer Morphology: Principles, Characterization, and Processing. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2016. 472 p.
- 12 Reznichenko S.V., Morozov Yu.L. Great reference rubberman. Volume 1. Rubbers and ingredients Moscow, Tekhinform, 2012. 744 p. (in Russian).
- 13 Fedyukin D.L., Makhlis F.A. Technical and technological properties of rubbers. Moscow, Khimiya, 1985. 240 p. (in Russian).

Сведения об авторах

Дмитрий В. Куделин ведущий специалист, отдел перспективных разработок, ООО «Научно-технический центр «Интайр», ул. Советская, 81, г. Ярославль, 150003, Россия, kvmbaikal@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-5124-1168>

Татьяна Н. Несиоловская д.т.н., профессор, декан инженерно-экономического факультета, Ярославский государственный технический университет, Московский пр-т, 88, г. Ярославль, 150023, nesiolovskayatn@ystu.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-2024-6625>

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Dmitry V. Kudelin leading specialist, advanced development department, Research and development center “Intire” LLC, Sovetskaya str., 81, Yaroslavl, 150003, Russia, kvmbaikal@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-5124-1168>

Tatyana N. Nesiolovskaya Dr. Sci. (Engin.), professor, dean of engineering and economics faculty, Yaroslavl State Technical University, Moskovsky Av., 88, Yaroslavl, 150023, Russia, nesiolovskayatn@ystu.ru
 <https://orcid.org/0000-0003-2024-6625>

Contribution

Authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 04/06/2019	После редакции 08/07/2019	Принята в печать 15/08/2019
Received 04/06/2019	Accepted in revised 08/07/2019	Accepted 15/08/2019

Исследования качества дизельного топлива, предоставленного ООО «Ферронордик Торговый Дом»

Елизавета Л. Иовлева¹ Elizaveta-iovleva@ya.ru  0000-0002-5429-4329

¹ Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, ул. Белинского, 58, г. Якутск, 677000, Россия

Аннотация. Компания «Ферронордик» является официальным дилером Volvo Construction Equipment, Dressta, Mecalac и Rottne. Помимо продаж и предоставления послепродажной поддержки техники Volvo Construction Equipment, компания является дилером по сервисному обслуживанию Volvo и Renault Trucks, а также дилером Volvo Penta по обслуживанию промышленных и морских двигателей в некоторых регионах России. Компания сотрудничает с другими известными брендами и несколькими поставщиками навесного оборудования. Шведский концерн Volvo Group поставляет на российский рынок грузовые автомобили, оснащенные дизельными двигателями с системой впрыска Common Rail, а также с насос-форсунками. Дизельные механические и электронные насос-форсунки выполняют своевременный и дозированный впрыск рабочей смеси в камеры сгорания цилиндров дизельного двигателя. Механические форсунки приводят в действие топливный насос высокого давления, а электронные – управляются системой электронного впрыска Common Rail и все время находятся под интенсивными механическими нагрузками. Плохое качество дизельного топлива ведет: к потере мощности, отсутствию тяги и нестабильности работы двигателя; перерасходу и протеканию топлива из распылителей; изменению угла и времени распыления; изменению количества впрыскиваемой смеси; появлению стуков и шумов, черного и сизого дыма при выхлопе. Приведены результаты научно-исследовательской работы по исследованию качества дизельного топлива компании ООО «Ферронордик Торговый Дом». Экспериментальным путем исследованы такие физико-химические свойства дизельного топлива, как: плотность, фракционный состав, массовая доля серы, массовая доля воды, температура вспышки, предельная температура фильтруемости и температура помутнения.

Ключевые слова: дизельное топливо, топливная аппаратура, насос-форсунки, физико-химические свойства, качество топлива

Research on the quality of diesel fuel provided by LLC Ferronordic Trading House

Elizaveta L. Iovleva¹ Elizaveta-iovleva@ya.ru  0000-0002-5429-4329

¹ North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosova, Belinsky street, 58, Yakutsk, 677000, Russia

Abstract. Ferronordic is the official dealer for Volvo Construction Equipment, Dressta, Mecalac and Rottne. In addition to sales and after-sales support for Volvo Construction Equipment, the company is a dealer for servicing Volvo and Renault Trucks, as well as a dealer for Volvo Penta for servicing industrial and marine engines in some regions of Russia. The company collaborates with other well-known brands and several suppliers of attachments. The Swedish concern Volvo Group supplies to the Russian market trucks equipped with diesel engines with Common Rail injection system, as well as with pump nozzles. Diesel mechanical and electronic pump nozzles perform timely and metered injection of the working mixture into the combustion chambers of the cylinders of a diesel engine. The mechanical nozzles are driven by a high-pressure fuel pump, while the electronic ones are controlled by the Common Rail electronic injection system and are constantly under intense mechanical stress. Poor quality diesel fuel leads to: loss of power, lack of traction and instability of the engine; overexpenditure and fuel leakage from sprayers; change in spray angle and time; change in the amount of injected mixture; the appearance of knocks and noises, black and bluish smoke during exhaust. The results of research work on the study of the quality of diesel fuel of the company LLC Ferronordic Trading House are presented. The physicochemical properties of diesel fuel were studied experimentally, such as: density, fractional composition, mass fraction of sulfur, mass fraction of water, flash point, limiting filterability temperature and cloud point.

Keywords: diesel fuel, fuel equipment, pump nozzles, physicochemical properties, fuel quality

Введение

«Ферронордик» – официальный дилер Volvo Construction Equipment, Dressta, Mecalac и Rottne в России.

Шведский концерн Volvo Group поставляет на российский рынок грузовые автомобили, оснащенные дизельными двигателями с системой впрыска Common Rail, а также с насос-форсунками. Они отличаются высокой мощностью, экономичным расходом топлива и минимальной токсичностью выхлопных газов, что соответствует современным мировым стандартам.

Топливная аппаратура служит для подачи определенного количества топлива в заданный момент, с заданным давлением и качеством распыла. От параметров топливоподачи зависят такие показатели дизельных двигателей, как эффективная мощность, удельный эффективный расход топлива, состав отработанных газов. Нарушение параметров топливоподачи приводит к перегреву деталей цилиндропоршневой группы и клапанов, их закоксовыванию и повышенному износу. В результате значительно снижается ресурс двигателя, что приводит к необходимости его капитального ремонта или замены [1].

Для цитирования

Иовлева Е.Л. Исследования качества дизельного топлива, предоставленного ООО «Ферронордик Торговый Дом» // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 208–212. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-208-212

For citation

Iovleva E.L. Research on the quality of diesel fuel provided by LLC Ferronordic Trading House. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 208–212. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-208-212

Износ элементов топливной аппаратуры приводит к нарушению теплового режима работы двигателя.

Соблюдение правил технической эксплуатации позволяет избежать преждевременных неисправностей и отказов, и, следовательно, повышенных расходов[2]. Важным правилом эксплуатации является применение качественного топлива, которое существенно влияет на работу топливной аппаратуры. А от качества работы топливной аппаратуры зависят мощностные и экономические показатели двигателя [3].

Современные высокофорсированные дизели в большей мере подвержены сернистой коррозии, чем двигатели старых конструкций. При работе современного дизеля на топливе, содержащем повышенное количество серы, образуется заметно больше твердого и плотного нагара. Повышенное содержание серы заметно увеличивает износ двигателя и топливной аппаратуры из-за сернистой коррозии, коррозионного износа и быстрого окисления масла [4].

Например, применение топлива с низким цетановым числом приводит к увеличенному периоду задержки или запаздыванию самовоспламенения. В этом случае в камере сгорания накапливается большая масса топлива, которая затем мгновенно сгорает (взрывное горение). При этих условиях давление в цилиндре нарастает скачкообразно, происходит жесткая работа дизеля (слышится металлический стук), вследствие этого происходит большая нагрузка на коренные подшипники, повышается их износ и более быстрый выход из строя. Кроме того, увеличивается расход топлива и дымность отработавших газов [5–10].

С аналогичными проблемами эксплуатации дизельной техники VOLVO с системой впрыска Common Rail столкнулась компания «Ферронордик».

Цель работы – исследование качества дизельного топлива, взятого из топливоприемника, находящегося в рабочем участке Алданского района Республики Саха (Якутия) компании ООО «Ферронордик Торговый Дом».

Отражены результаты отчета научно-исследовательской работы, выполненной кафедрой «Машиноведение» автодорожного факультета СВФУ им. М.К. Аммосова и испытательной лабораторией Якутской нефтебазы АО «Саханафтегазбыт».

Материалы и методы

Проба была взята с топливозаправщика: Урал Next 5881 ТВ–АТ310.0–5557 N 14.04.2019 г.

В рамках работы были исследованы основные эксплуатационные характеристики дизельного топлива, такие, как: плотность, ЦЧ, фракционный состав, массовая доля серы, массовая доля воды, температура вспышки в закрытом тигле, ПТФ и температура помутнения. Чтобы достичь поставленной цели, в работе были использованы стандартные методики [6]:

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»; EN 23015 «Нефтепродукты. Определение температуры помутнения»; ГОСТ 22254–92 «Топливо дизельное. Метод определения предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре»; ГОСТ 6356–75 «Нефтепродукты. Метод определения температуры вспышки в закрытом тигле»; ГОСТ 52660 «Метод определения содержания серы рентгенофлуоресцентной спектрометрией с дисперсией по длине волны»; ГОСТ 5985–79 «Нефтепродукты. Метод определения кислотности и кислотного числа»; ГОСТ 2070–82 «Нефтепродукты светлые. Методы определения йодных чисел и содержания непредельных углеводородов»; ISO 12937 «Определение содержания воды. Метод кулонометрического титрования по Карлу Фишеру»; «Определение цетанового числа ДТ проводилось на Октанометре SHATOX SX-100M».

По физико-химическим и эксплуатационным показателям топливо должно соответствовать требованиям, указанным в таблице 1.

Таблица 1.

Требования к дизельному топливу

Table 1.

Diesel fuel requirements

Наименование показателя Name of indicator	Значение Value	Метод испытания Test method
1	2	3
Цетановое число, не менее Cetane number, not less	51,0	По ГОСТ 32508, ГОСТ 3122, по стандартам According to GOST 32508, GOST 3122, according to standards
Цетановый индекс, не менее Cetane index, not less	46,0	По стандартам according to standards

Продолжение табл.1 | Continuation of table 1

1	2	3
Плотность при 15 °С, кг/м ³ Density at 15° C, kg / m ³	820,0–845,0	По ГОСТ 31392 according to standards GOST 31392
Массовая доля полициклических ароматических углеводородов ¹ , %, не более Mass fraction of polycyclic aromatic hydrocarbons 1, %, no more	8,0	По ГОСТ EN 12916 According to GOST EN 12916
Массовая доля серы, мг/кг, не более, для топлива: Mass fraction of sulfur, mg / kg, no more, for fuel:		
K3	350,0	По ГОСТ 32139, ГОСТ ISO 20846, ГОСТ ISO 20884 According to GOST 32139, GOST ISO 20846, GOST ISO 20884
K4	50,0	По ГОСТ ISO 20884, ГОСТ ISO 20846 According to GOST ISO 20884, GOST ISO 20846
K5	10,0	По ГОСТ ISO 20884, ГОСТ ISO 20846 According to GOST ISO 20884, GOST ISO 20846
Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °С, выше Flash point, determined in a closed crucible, ° C, higher	55	По ГОСТ ISO 2719, ГОСТ 6356 According to GOST ISO 2719, GOST 6356
Коксуемость 10 %-ного остатка разгонки ² , % масс., не более Coking property of a 10 % distillation residue ² , % wt., not more than	0,3	По ГОСТ 32392, ГОСТ 19932 According to GOST 32392, GOST 19932
Зольность, % масс., не более Ash content, % mass., No more	0,01	По ГОСТ 1461 According to GOST 1461
Коррозия медной пластинки (3 ч при 50 °С), единицы по шкале Copper plate corrosion (3 hours at 50 °C), units on a scale	Класс 1 \ Grade 1	По ГОСТ ISO 2160, ГОСТ 32329 According to GOST ISO 2160, GOST 32329
Окислительная стабильность Oxidative Stability		
Общее количество осадка, г/м ³ , не более часов, не менее Total amount of sediment, g/m ³ , no more than hours, no less	25	По стандартам By standards
Смазывающая способность: скорректированный диаметр пятна износа (wsd 1,4) при 60 °С, мкм, не более Lubricity: adjusted diameter of the wear spot (wsd 1.4) at 60° C, microns, not more than	460	По ГОСТ ISO 12156–1 According to GOST ISO 12156–1
Кинематическая вязкость при 40 °С, мм ² /с Kinematic viscosity at 40 °C, mm ² /s	2,000 – 4,500	По ГОСТ 33, ГОСТ 31391 According to GOST 33, GOST 31391
Фракционный состав: Fractional composition:		По ГОСТ ISO 3405, ГОСТ 2177 (метод А) According to GOST ISO 3405, GOST 2177 (method A)
при температуре 250 °С, % об., менее at a temperature of 250 °C, % vol., less	65	
при температуре 350 °С, % об., не менее at a temperature of 350 °C, % vol., not less	85	
95 % об. перегоняется при температуре, °С, не выше 95 % vol. distilled at a temperature, °C, not higher	360	

Результаты и обсуждение

Результаты исследований по показателям: плотности, фракционного состава, массовой доли серы, массовой доли воды, температуры вспышки, ПТФ, температуры помутнения подкреплялись протоколами, выданными аккредитованной лабораторией.

В таблице 2 показаны данные исследования по сравнению со значениями ГОСТ. По массовой доле серы, содержанию воды и по температуре вспышки ГОСТ Р 52368–2005 не устанавливает показатели, по температуре помутнения и ПТФ ГОСТ 32511–2013 не устанавливает показатели.

Предоставленное топливо имело ярко выраженный желтый цвет, при этом паспорта качества и ГОСТ, по которому изготавливалось топливо, не было. Предположительно это было зимнее ДТ по ГОСТ 305–82. По фракционному составу, кинематической вязкости, содержанию воды, температуре вспышки и температуре помутнения предоставленное ДТ отвечает всем трем ГОСТам. По массовой доле серы топливо относится ко II виду ГОСТ 305–82, по ГОСТ 32511–2013 топливо относится к дизельным Евро экологического класса K5.

По плотности ДТ отвечает требованиям ГОСТ Р 52368–2005 и ГОСТ 32511–2013, однако по ГОСТ 305–82 имеется незначительное отклонение. Так же как и ПТФ, у исследуемого

образца имеется незначительное отклонение. Однако цетановое число у предоставленного топлива не отвечает ни одному из перечисленных ГОСТов.

Таблица 2.
Сравнительный анализ физико-химических показателей дизельного топлива предоставленного
ООО «Торговый дом ФЕРРОНОРДИК»

Table 2.

Comparative analysis of physico-chemical indicators of diesel fuel provided by
LLC Trading House FERRONORDIK

Наименование показателей Name of indicator	ГОСТ 305–82 GOST 305–82	ГОСТ Р 52368–2005 GOST 52368–2005	ГОСТ 32511–2013 GOST 32511–2013	Полученные значения Values obtained
Фракционный состав: Fractional composition: до температуры 180° C, % (по объему) to a temperature of 180° C, % (by volume)			65	7
до температуры 340° C, (по объему) % to a temperature of 340° C (in volume) %	255	10	85	97
95 % отгона перегоняется при температуре, ° C 95 % of distillation is distilled at a temperature, ° C	330	95	360	353
Кинематическая вязкость при 20 C, мм ² /с (сСт) Kinematic viscosity at 20 C, mm ² s (cSt)	1,5–4,0	1,40–4,00	2,000 – 4,500	2,529
Массовая доля серы, %, не более, в топливе: Mass fraction of sulfur, %, not more than, in fuel: Вида I Kind I Вида II Kind II	0,2 0,5	–	K3 350,0 K4 50,0 K5 10,0	< 5
Содержание воды, мг/кг The water content, mg kg	Отсутствие Lack of	-	≤200	< 30
Плотность при 15° C, кг/м ³ , не более Density at 15 °C, kg m ³ , no more	830	800–840	820,0–845,0	834,5
Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °C, выше Flash point, determined in a closed crucible, ° C, higher	35	-	55	46
Температура помутнения, не выше °C Cloud point, not higher than °C	-35	-28	-	-27
Предельная температура фильтруемости, не выше °C Maximum temperature of filtering ability, not higher than °C	-	-38	-	-37
Цетановое число не менее Cetane number not less	45	47	51	41,9

Заключение

Топливо, которое было передано на исследование, является зимним II вида (по ГОСТ 305–82), которое можно использовать до температуры

окружающего воздуха – 37. По экологическому классу относится к топливу Евро ДТ-3 – К5 минус 38 (ГОСТ 32511–2013) с низким цетановым числом.

Литература

- 1 Берштейн А.И., Чередник А.Г. Проблемы технической эксплуатации топливной аппаратуры дизельных двигателей автомобилей // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 8–3. С. 429–432.
- 2 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.
- 3 Халфин М.Л. Качество и надежность новой и отремонтированной сельскохозяйственной техники // МТС. 1998. № 5. С. 37–41.
- 4 Тузов Н.С., Попов Е.В. Рекомендации по планированию и производству работ по ТО и Р на автотранспортных предприятиях // Автомобильный транспорт Дальнего Востока. 2014. № 1. С. 369–381.
- 5 Носова Е.В., Сапрыгина В.Н. Экспериментальное исследование качества дизельного топлива // Вестник ИргТУ. 2011. № 6 (53). С. 69–72.

- 6 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.
- 7 Li T., Liu H., Ding D. Predictive energy management of fuel cell supercapacitor hybrid construction equipment // Energy. 2018. V. 149. P. 718–729.
- 8 Reddy S.M., Sharma N., Gupta N., Agarwal A.K. Effect of non-edible oil and its biodiesel on wear of fuel injection equipment components of a genset engine // Fuel. 2018. V. 222. P. 841–851.
- 9 Lewis P., Karimi B., Shan Y., Rasdorf W. Comparing the economic, energy, and environmental impacts of biodiesel versus petroleum diesel fuel use in construction equipment // International Journal of Construction Education and Research. 2019. V. 15. № 4. P. 276–290.
- 10 Kim M., Choi W., Jun P., Park J. The Development of Performance Test Equipment For Evaluating Endothermic Performance of Fuel Supply and Cooling System in High-Speed Vehicles // Journal of Aerospace System Engineering. 2019. V. 13. № 4. P. 43–49.

References

- 1 Bershtein A.I., Cherednik A.G. Problems of technical operation of fuel equipment of diesel engines of automobiles. International Journal of Applied and Fundamental Research. 2015. no. 8–3. pp. 429–432. (in Russian).
- 2 Ishkov A.M., Iovleva E.L. The effect of fuel quality on the reliability of diesel engines in the north. Science and education. 2015. no. 1 (77). pp. 65–70. (in Russian).
- 3 Halfin M.L. The quality and reliability of new and refurbished agricultural machinery. MTS. 1998. no. 5. pp. 37–41. (in Russian).
- 4 Tuzov N.S., Popov E.V. Recommendations on the planning and production of maintenance and repair work at motor transport enterprises. Road transport of the Far East. 2014. no. 1. pp. 369–381. (in Russian).
- 5 Nosova E.V., Saprygina V.N. Experimental study of the quality of diesel fuel. Vestnik IrSTU. 2011. no. 6 (53). pp. 69–72. (in Russian).
- 6 Iovleva E.L., Zaharova S.S., Lebedev M.P., Popova L.I. Prospects for improving the low-temperature characteristics of diesel fuel fractions. Bulletin of the Saratov State Technical University. 2013. vol. 2. no. 2 (71). pp. 116–120. (in Russian).
- 7 Li T., Liu H., Ding D. Predictive energy management of fuel cell supercapacitor hybrid construction equipment. Energy. 2018. vol. 149. pp. 718–729.
- 8 Reddy S.M., Sharma N., Gupta N., Agarwal A.K. Effect of non-edible oil and its biodiesel on wear of fuel injection equipment components of a genset engine. Fuel. 2018. vol. 222. pp. 841–851.
- 9 Lewis P., Karimi B., Shan Y., Rasdorf W. Comparing the economic, energy, and environmental impacts of biodiesel versus petroleum diesel fuel use in construction equipment. International Journal of Construction Education and Research. 2019. vol. 15. no. 4. pp. 276–290.
- 10 Kim M., Choi W., Jun P., Park J. The Development of Performance Test Equipment For Evaluating Endothermic Performance of Fuel Supply and Cooling System in High-Speed Vehicles. Journal of Aerospace System Engineering. 2019. vol. 13. no. 4. pp. 43–49.

Сведения об авторах

Елизавета Л. Иовлева к.т.н., доцент, кафедра машиноведения, Северо-Восточный федеральный университет, ул. Белинского, 58, г. Якутск, 677000, Россия, Elizaveta-iovleva@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-5429-4329>

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@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-5429-4329>

Вклад авторов

Елизавета Л. Иовлева написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Contribution

Elizaveta L. Iovleva wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Поступила 22/07/2019	После редакции 03/08/2019	Принята в печать 12/08/2019
Received 22/07/2019	Accepted in revised 03/08/2019	Accepted 12/08/2019

Термическое и ИК-Фурье-спектроскопическое исследование водорастворимых продуктов углеводов-аминных конденсаций в нейтральных средах

Игорь С. Черепанов¹ cherchem@mail.ru  0000-0002-0880-5474

¹ Удмуртский государственный университет, ул. Университетская, 1, г. Ижевск, 426034, Россия

Аннотация. Получение синтетических аналогов природных соединений, в том числе высокомолекулярных, а также изучение процессов формирования их структуры представляет собой актуальную задачу технологии органических веществ. В значительной степени это относится к синтетическим гуминовым веществам – важным продуктам, характеризующимся рострегулирующими, хелатирующими и другими важными свойствами. Простые углеводы и ароматические амины в качестве кислород- и азотсодержащих составляющих в ходе конденсации в этанольных средах дают фракционируемые водой продукты, растворимые фракции которых исследованы в настоящей работе посредством термодеструкции в сочетании с ИК-Фурье спектроскопией. Профиль спектральных полос подтверждает преимущественно алифатическую структуру с высокой степенью функционализации карбоксильными, гидроксильными и аминными группами. По мере термодеструкции выделенных водорастворимых твердых продуктов в интервале температур 100-180 °С в инертной атмосфере происходит снижение интенсивности полос 1030 и 1090 см⁻¹, при этом интенсивность первой полосы падает почти до нуля при 180 °С. Данный экспериментальный факт говорит о протекании процессов термической дегидратации, свидетельствуя о наличии в структуре продуктов гидроксильных функций. Последние являются как ОН-группами остатком углеводов, так и группами, образующимися в результате процессов конденсации. Дополнительно происходит увеличение интенсивности полосы поглощения в области 1600 см⁻¹, отвечающей колебаниям кратных связей, возникающих в результате дегидратации. Можно предположить, что в отличие от продуктов нерастворимых фракций, а также продуктов кислотно-катализируемых конденсаций в нейтральных этанольных средах формируются водорастворимые продукты, основными процессами образования которых являются процессы прямого ретроальдольного распада N-гликозиламинов с последующей конденсацией продуктов распада. Подобная совокупность процессов является альтернативой затрудненной в условиях эксперимента перегруппировки Амадори и приводит к формированию структуры продуктов, отличной от таковой для продуктов кислотно-катализируемой конденсации.

Ключевые слова: углеводы, ариламины, водорастворимые продукты, ИК-Фурье спектроскопия, конденсация

Thermal and IR-Fourier transform spectroscopic study of water-soluble carbohydrate-arylamine condensation products in neutral media

Igor S. Cherepanov¹ cherchem@mail.ru  0000-0002-0880-5474

¹ Izhevsk State University, Ubiversitetskaya St., 1 Izhevsk, 426034, Russia

Abstract. Production of synthetic analogues of natural compounds, including high-molecular ones, as well as study of processes of their structure formation, is a pressing task of organic substances technology. To a large extent, this applies to synthetic humic substances, important products characterized by plant growth effect, chelating and other important properties. Simple carbohydrates and aromatic amines as oxygen and nitrogen-containing constituents during condensation in ethanol media produce water-fractionated products, the soluble fractions of which are studied herein by thermal degradation in combination with IR-Fourier transform spectroscopy. Spectral band profile is confirmed mainly by aliphatic structure with high degree of functionalization by carboxyl, hydroxyl and amine groups. As the isolated water-soluble solid products are thermally decomposed in the range of 100-180 °C temperatures in an inert atmosphere, the intensity of bands at 1030 and 1090 cm⁻¹ decreases, and the intensity of the first band drops to almost zero at 180 °C. This experimental fact indicates the progress of thermal dehydration processes, indicating the presence of hydroxyl functions in the structure of the products. The latter are both OH-groups of carbohydrate residue and groups, formed during condensation processes. Additionally, the intensity of the absorption band in the region of 1600 cm⁻¹ corresponding to the fluctuations of double bonds resulting from dehydration is increased. It can be assumed that unlike products of insoluble fractions, as well as products of acid-catalyzed condensations, water-soluble products are formed in neutral ethanol media, the main processes of formation of which are processes of direct retro-aldol cleavage of N-glycosylamines with subsequent condensation of decomposition products. Such a set of processes is an alternative to the experimental difficulty of Amadori rearrangement and lead to formation of products structure differ from one for acid catalyzed condensation products.

Keywords: carbohydrates, aryl amines, water-soluble products, IR-Fourier Transform spectroscopy, condensation

Для цитирования

Черепанов И.С. Термическое и ИК-Фурье-спектроскопическое исследование водорастворимых продуктов углеводов-аминных конденсаций в нейтральных средах // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 213–216. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-213-216

For citation

Cherepanov I.S. Thermal and IR-Fourier transform spectroscopic study of water-soluble carbohydrate-arylamine condensation products in neutral media. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 213–216. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-213-216

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Продукты углевод-аминных взаимодействий являются важными не только для биохимии [1], но и перспективны в качестве функциональных материалов целевого назначения, в частности, криогелей [2], адсорбентов [3], синтетических гуминовых кислот [4]. Интерес к последним неуклонно возрастает [5, 6], поскольку направленный синтез гуминов позволяет в существенной степени модифицировать свойства их природных аналогов. Показано, что направленная функционализация синтетических гуминовоподобных веществ сообщает им свойства регуляторов роста растений [7]. Ранее нами были синтезированы, выделены и описаны водонерастворимые продукты конденсации в системах углевод-ариламин (*n*-толуидин, *m*-аминобензойная кислота) [3, 8], структура которых имеет существенную ароматическую составляющую. Образующиеся при этом продукты водорастворимых фракций предположительно должны иметь алифатическую природу с различными функциональными группами. Функционализация сообщает продуктам рострегулирующие, комплексообразующие и ряд других важных свойств [4, 7], что делает актуальными исследования в данной области.

Цель исследования – изучение строения и процессов образования водорастворимых продуктов конденсации *D*-глюкозы с *m*-аминобензойной кислотой в нейтральных этанольных средах.

Материалы и методы

Целевые продукты синтезированы нагреванием эквимольных (0.002 моль) смесей *D*-глюкоза – *m*-аминобензойная кислота («ч.д.а.») в 20 мл растворителя (осушенный этанол, “Merck”) в течение 2 ч при 70 °C в колбах с обратным холодильником при постоянном перемешивании. По окончании термостатирования после удаления растворителя твердые фракции промывались водой на стеклянных фильтрах двадцатью порциями по 40 мл, водорастворимые продукты выделялись в твердом виде в форме порошков коричневого цвета.

Термолиз твердых продуктов в интервале температур 100–200 °C проводился в стеклянных ячейках (Purge) в инертной атмосфере азота в течение 60 мин. ИК-Фурье спектры снимались в режиме поглощения в таблетках прокаленного KBr (1:200) на ИК-Фурье спектрометре ФСМ 2201 (ООО «Инфраспек», СПб, Россия) в интервале волновых чисел 4000–500 см^{-1} со спектральным разрешением по волновому числу 4 см^{-1} при 40 сканах относительно воздуха.

Результаты

Профиль спектральных полос подтверждает преимущественно алифатическую природу водорастворимых продуктов. Наличие достаточно интенсивных полос 3400 ($\nu_{\text{O-H}}$), 2920, 2855, 1460 ($\nu_{\text{C-H}}$, $\delta_{\text{C-H}}$), 3250, 1510, 1300 ($\nu_{\text{N-H}}$, $\delta_{\text{N-H}}$, $\nu_{\text{C-N}}$), 1390, 1610, 1693 ($\nu_{\text{C=C}} + \nu_{\text{C=O}}$, $\nu_{\text{C=O}}$) в сочетании с относительно слабыми пиками 3050, 1546, 760 ($\nu_{\text{C-H}}$, $\nu_{\text{ArC=C}}$, $\gamma_{\text{C-H}}$) см^{-1} демонстрирует функционализацию структуры карбоксильными, гидроксильными, вторичными аминогруппами (фрагменты *m*-аминобензойной кислоты). Сигналы в области 1000–1100 см^{-1} традиционно относят к углеводной составляющей (δ_{OH} , $\nu_{\text{C=O}}$) структуры продуктов сахар-аминных реакций [4, 8, 9]. Происхождение отдельных полос в данной области подтверждается изменением их интенсивности после термообработки продуктов в инертной атмосфере (рисунок 1).

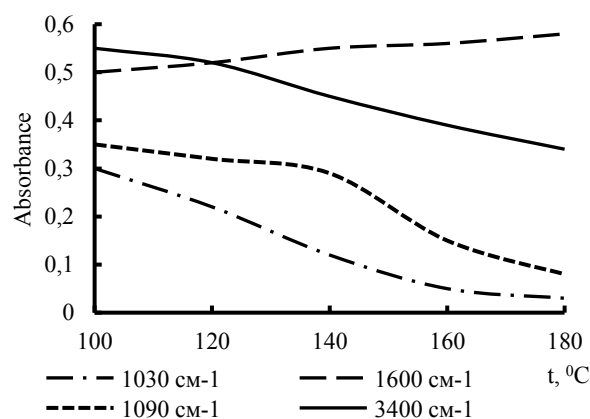


Рисунок 1 Интенсивность полос поглощения ИК-Фурье спектров в зависимости от температуры термолиза

Figure 1 FTIR-absorbance band's intensity as a function of thermodestruction temperature

В ходе термодеструкции происходит снижение интенсивности полос 1030 и 1090 см^{-1} , при этом для первой наблюдается более резкое падение интенсивности и практически полное ее нивелирование при температуре 180 °C. Аналогичный эффект отмечался авторами [10] при изучении структуры продуктов термодеструкции галактозы и отнесен ими к процессам дегидратации. Остаточное поглощение при 1090 см^{-1} может быть обусловлено плоскостными деформационными колебаниями =C-H связей ариламина, либо более прочно связанными ОН-группами. Одновременно происходит некоторое увеличение интенсивности полосы в области 1600 см^{-1} ($\nu_{\text{C=C}}$) и спад 3400 см^{-1} ($\nu_{\text{O-H}}$), что может свидетельствовать о протекании дегидратации в алифатической составляющей структуры, косвенно подтверждая ее преобладание в составе выделенных водорастворимых продуктов в целом.

Процессы формирования структуры в нейтральных средах, вероятно, отличаются от таковых в кислотных средах. Углевод-аминные конденсации в нейтральных средах интенсифицируются при их реализации в абсолютном этаноле [9], при этом формирование структуры продуктов, вероятно, протекает по нескольким направлениям. Перегруппировка Амадори, характерная для кислых сред, в условиях эксперимента маловероятна как по причине отсутствия катализаторов, так и в связи с низкой основностью *m*-аминобензойной кислоты. Более вероятным является прямой ретро-альдовый распад образующегося на первой стадии взаимодействия глюкозы с ариламином N-гликозиламина (рисунок 2). Прямой распад аминоконъюгатов предшествует перегруппировке Амадори в биологических системах [1], при этом отмечается существенный вклад радикальных реакций в общий механизм.

C₂-C₄-продукты распада активны в отношении дальнейших превращений, и последующее формирование структуры реализуется посредством реакций окисления и конденсации. Интермедиатами вероятно предположить катион-радикальные частицы [1], стабилизированные ароматическим кольцом *m*-аминобензойной кислоты [11]. В этом случае более вероятно образование функционализированного алифатического остова структуры водорастворимых продуктов [10], что подтверждается обсуждаемыми выше экспериментальными данными. Дальнейшие исследования планируются в направлении изучения влияния температурного режима процесса на характер функционализации продуктов и разработки технологии направленного синтеза целевых веществ, перспективных в качестве синтетических рострегулирующих препаратов.

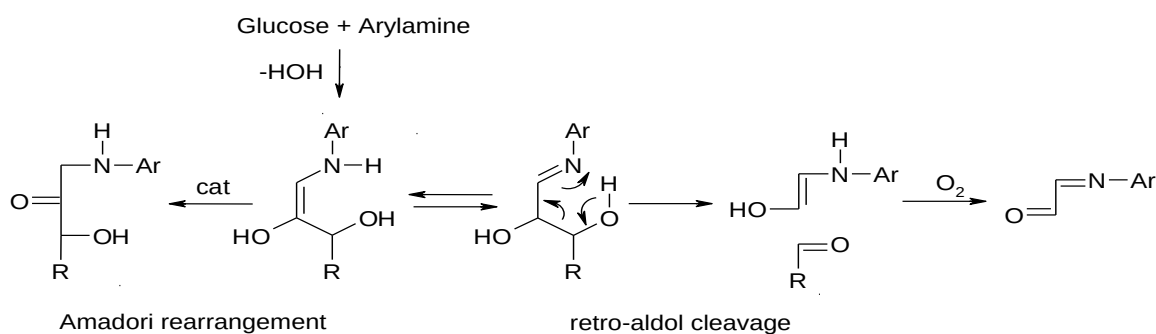


Рисунок 2. Возможные направления трансформации N-гликозиламинов

Figure 2. Possible pathways of N-glycosylamines transformation

Заключение

Данные ИК-Фурье спектроскопии в сочетании с предварительной термодеструкцией твердых продуктов свидетельствуют о преобладании алифатической составляющей в структуре, функционализированной карбоксильными,

гидроксо- и аминогруппами. Дальнейшая детализация механизмов сахараминных реакций позволит оптимизировать реакционную организацию процессов с возможностью использования совокупности данных термического анализа и ИК-Фурье спектроскопии для получения продуктов с регулируемой функционализацией.

Литература

- 1 Yim H.-S., Kang S.-O., Hah Y.-C., Boon Chock P. et al. Free radicals generated during the glycation reaction of amino acids by methylglyoxal // J. Biol. Chem. 1995. V. 270. № 47. P. 28228–28333.
- 2 Liang L., Zhou M., Li K., Jiang L. Facile and fast polyaniline-directed synthesis of monolithic carbon cryogels from glucose // Micropor. Mesopor. Mater. 2018. V. 265. № 1. P. 26–34. doi: 10.1016/j.micromeso.2013.01.035
- 3 Cherepanov I.S. Carbonization products in *D*-glucose – *p*-toluidin system as sorbents of carbohydrate caramels from aqueous solutions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. V. 315. 062001. doi: 10.1088/1755-1315/315/6/062001
- 4 Fukuchi S., Miura A., Okaba R., Fukushima M. et al. Spectroscopic investigations of humic-like acids formed via polycondensation between glycine, cathechol and glucose in the presents of natural zeolites // J. Mol. Struct. 2010. V. 982. № 1–3. P. 181–186. doi: 10.1016/j.molstruc.2010.08.032
- 5 Sumerskii I.V., Krutov S.M., Zarubin M.Ya. Human-like substances formed under conditions of industrial hydrolysis of wood // Rus. J. Appl. Chem. 2010. V. 83. № 2. P. 320–327.
- 6 Litvin V.A., Galagan R.L., Minaev B.F. Synthesis and properties of synthetic analogs of natural humic acids // Rus. J. Appl. Chem. 2012. V. 85. № 2. P. 296–302.
- 7 Aguiar N.O., Novotny E.H., Oliveira A.L., Rumjanek V.M. et al. Prediction of humic acid bioactivity using spectroscopy and multivariate analysis // J. Geochem. Explor. 2013. V. 129. № 1. P. 95–102.

- 8 Черепанов И.С., Крюкова П.С. Продукты карбонизации в системе *D*-глюкоза – *m*-аминобензойная кислота: синтез и применение // Башкирский химический журнал. 2019. Т. 26. № 2. С. 40–43.
- 9 Shul'tsev A.L. N-glycosides of 4-aminostyrene // *Rus. J. Gen. Chem.* 2014. V. 84. № 2. P. 235–241.
- 10 Rubinshtain Y., Yariv S., Ioselis P., Aizenshtat Z. et al. Characterization of melanoidins by IR-spectroscopy – I. Galactose – glycine melanoidins // *Org. Geochem.* 1986. V. 9. № 3. P. 117–125.
- 11 Van der Zee J., Duling D., Mason R., Eling T. The oxidation of N-substituted aromatic amines by Horseradish Peroxidase // *J. Biol. Chem.* 1989. V. 263. № 33. P. 19828–19836.

References

- 1 Yim H.-S., Kang S.-O., Hah Y.-C., Boon Chock P. et al. Free radicals generated during the glycation reaction of amino acids by methylglyoxal. *J. Biol. Chem.* 1995. vol. 270. no. 47. pp. 28228–28333.
- 2 Liang L., Zhou M., Li K., Jiang L. Facile and fast polyaniline-directed synthesis of monolithic carbon cryogels from glucose. *Micropor. Mesopor. Mater.* 2018. vol. 265. no. 1. pp. 26–34. doi: 10.1016/j.micromeso.2013.01.035
- 3 Cherepanov I.S. Carbonization products in *D*-glucose – *p*-toluidin system as sorbents of carbohydrate caramels from aqueous solutions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. vol. 315. 062001. doi: 10.1088/1755-1315/315/6/062001
- 4 Fukuchi S., Miura A., Okaba R., Fukushima M. et al. Spectroscopic investigations of humic-like acids formed via polycondensation between glycine, catechol and glucose in the presents of natural zeolites. *J. Mol. Struct.* 2010. vol. 982. no. 1–3. pp. 181–186. doi: 10.1016/j.molstruc.2010.08.032
- 5 Sumerskii I.V., Krutov S.M., Zarubin M.Ya. Human-like substances formed under conditions of industrial hydrolysis of wood. *Rus. J. Appl. Chem.* 2010. vol. 83. no. 2. pp. 320–327.
- 6 Litvin V.A., Galagan R.L., Minaev B.F. Synthesis and properties of synthetic analogs of natural humic acids. *Rus. J. Appl. Chem.* 2012. vol. 85. no. 2. pp. 296–302.
- 7 Aguiar N.O., Novotny E.H., Oliveira A.L., Rumjanek V.M., Olivares F.L., Canellas L.P. Prediction of humic acid bioactivity using spectroscopy and multivariate analysis. *J. Geochem. Explor.* 2013. vol. 129. no. 1. pp. 95–102.
- 8 Cherepanov I.S., Kryukova P.S. Carbonization products in *D*-glucose – *m*-aminobenzoic acid system: synthesis and characterization. *Bashkir Chemical Bulletin*. 2019. vol. 26, no. 2. pp. 40–43. (in Russian).
- 9 Shul'tsev A.L. N-glycosides of 4-aminostyrene. *Rus. J. Gen. Chem.* 2014. vol. 84. № 2. pp. 235–241.
- 10 Rubinshtain Y., Yariv S., Ioselis P., Aizenshtat Z. et al. Characterization of melanoidins by IR-spectroscopy – I. Galactose – glycine melanoidins. *Org. Geochem.* 1986. vol. 9. no. 3. pp. 117–125.
- 11 Van der Zee J., Duling D., Mason R., Eling T. The oxidation of N-substituted aromatic amines by Horseradish Peroxidase. *J. Biol. Chem.* 1989. vol. 263. no. 33. pp. 19828–19836.

Сведения об авторах

Игорь С. Черепанов к.х.н., доцент, кафедра фундаментальной и прикладной химии, Удмуртский государственный университет, ул. Университетская, 1, г. Ижевск, 426034, Россия, cherchem@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-0880-5474>

Information about authors

Igor S. Cherepanov Cand. Sci. (Chem.), associate professor, fundamental and applied chemistry department, Udmurt State University, Universitetskaya St., 1 Izhevsk, 426034, Russia, cherchem@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-0880-5474>

Вклад авторов

Игорь С. Черепанов написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Contribution

Igor S. Cherepanov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Поступила 11/08/2019	После редакции 19/08/2019	Принята в печать 02/09/2019
Received 11/08/2019	Accepted in revised 19/08/2019	Accepted 02/09/2019

Равновесия алифатических аминокислот на комплексообразующих ионитах в присутствии катионов меди (II) и никеля (II)

Лариса П. Бондарева ¹	larbon@mail.ru	ID 0000-0001-9143-9374
Юрий С. Перегудов ¹	inorganic_033@mail.ru	ID 0000-0003-2129-3191
Алексей В. Астапов ²	solar_al@mail.ru	ID 0000-0002-7314-3024

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

² Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, 54 «А», г. Воронеж, 394064, Россия

Аннотация. Задача выделения и разделения аминокислот из водных растворов существует в различных отраслях промышленности. Традиционным методом выделения является лигандообменная хроматография. При выборе катиона для лигандообменной хроматографии учитывается прочность его связывания с ионообменником. Часто используемый в качестве ионита сульфированный полистирол удерживает медь (II) недостаточно прочно, в связи с чем она легко вытесняется другими катионами. Хелатообразующие ионообменники заряжаются катионами меди (II), которые достаточно прочно удерживаются сорбентами. В этом случае разделение смеси веществ происходит за счет различия в константах комплексообразования веществ и коэффициентах распределения комплексов. Изучение взаимодействия алифатических аминокислот с карбоксильными, фосфорнокислыми катионообменниками, иминокислыми и аминофосфоновыми полиамфолитами показало существенное влияние водородного показателя среды на характер сорбционных равновесий. При определенных условиях в фазе ионообменника в форме катионов комплексообразующих металлов возможно образование новых сорбционных центров, которые проявляют себя при сорбции аминокислот с формированием смешаннолигандных соединений: в состав сорбционного комплекса могут одновременно входить в качестве лигандов аминокислоты и неподвижные функциональные группы сорбента. Влияние водородного показателя среды сказывается, в первую очередь, на изменении природы образующихся комплексных соединений в фазе сорбента и равновесном растворе и соотношении их констант устойчивости. Если константа устойчивости ионитного комплекса выше константы устойчивости соединения с низкомолекулярным лигандом, то сорбированные катионы меди взаимодействуют с входящими ионами аминокислот без разрыва координационной связи металл-функциональная группа ионообменника. Если соотношение констант устойчивости обратное, то происходит преимущественное элюирование катионов меди (II) с образованием комплексных соединений с аминокислотой в водном растворе.

Ключевые слова: алифатические аминокислоты, катионы металлов, иониты, комплексные соединения, разделение, водные растворы

Equilibrium of aliphatic amino acids on ion exchangers forming complexes in the presence of copper (II) and nickel (II) cations

Larisa P. Bondareva ¹	larbon@mail.ru	ID 0000-0001-9143-9374
Yurii S. Peregudov ¹	inorganic_033@mail.ru	ID 0000-0003-2129-3191
Aleksey V. Astapov ²	solar_al@mail.ru	ID 0000-0002-7314-3024

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

² Academy of the Air Force named by Professors N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin, Old Bolsheviks st., 54A, Voronezh, 394064, Russia

Abstract. The task of isolating and separating amino acids from aqueous solutions exists in various industries. The traditional method of isolation is ligand exchange chromatography. When choosing a cation for ligand-binding chromatography based on its binding strength with the ion exchanger, often used as a sulfonated polystyrene ion exchanger keeps the copper (II) firmly enough, and therefore, it is easily replaced by other cations. Chelating ion exchangers charge cations of copper (II), which hold these ions firmly enough. In this case, separating a mixture of substances, it is due to differences in the constants of complexation agents and complexes distribution coefficients. The study of the interaction of amino acids with the aliphatic carboxylic acid, the exchange of phosphoric acid cations and the amino carboxylic and amino phosphonic polyampholytes has shown a significant effect of the pH of the medium on the nature of the sorption equilibria. Under certain conditions, in the phase of the ion exchanger in the form of complexing metal cations, the formation of new sorption centers is possible, which occur upon sorption of amino acids in the formation of mixed ligand compounds: the sorbent complex may simultaneously comprise amino acids and attached functional groups of the sorbent as ligands. The influence of the hydrogen index of the medium primarily affects the change in the nature of the formed complex compounds in the sorbent phase and the equilibrium solution and the ratio of their stability constants. If the stability constant of the ion exchanger complex is higher than the stability constant of the compound with a low molecular weight ligand, then the sorbed copper cations interact with incoming methionine ions without breaking the metal – functional group of the ion exchanger coordination bond. If the ratio of stability constants is the opposite, then the predominant elution of copper (II) cations occurs with the formation of complex compounds with an amino acid in an aqueous solution.

Keywords: aliphatic amino acids, metal cations, ion exchanger, complex compounds, separation, aqueous solutions

Для цитирования

Бондарева Л.П., Перегудов Ю.С., Астапов А.В. Равновесия алифатических аминокислот на комплексообразующих ионитах в присутствии катионов меди (II) и никеля (II) // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 217–224. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-217-224

For citation

Bondareva L.P., Peregudov Yu.S., Astapov A.V. Equilibrium of aliphatic amino acids on ion exchangers forming complexes in the presence of copper (II) and nickel (II) cations. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 217–224. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-217-224

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Перспективным способом разделения как неорганических, так и органических веществ, в частности аминокислот, длительное время остается ионообменная сорбция. Возможность и оптимальные условия концентрирования, выделения и разделения зависят от условий процесса и определяются особенностями распределения компонентов между сорбентом и раствором. Рациональная технология извлечения биологически активных веществ должна основываться на закономерностях ионного обмена и молекулярной сорбции веществ. При поглощении органических ионов могут возникнуть пространственные затруднения, связанные с недоступностью части активных центров сорбента для таких ионов. Органические ионы могут нейтрализовать заряд матрицы на большем расстоянии от фиксированного иона, что увеличивает молекулярную сорбцию бифункциональных соединений.

В водах биохимического, фармацевтического, пищевого и другого производства достаточно часто содержатся смеси катионов переходных металлов и биологически активных веществ (БАВ). При ионообменной очистке могут поглощаться как катионы переходных металлов, так и ионы БАВ в различной последовательности. Происходит проникновение ионов металлов в матрицу ионообменника, в результате чего моноформа сорбента перестает быть таковой. Существенное влияние на взаимодействие между аминокислотами и комплексообразующими ионообменниками в металлических формах оказывает водородный показатель среды.

Сложность системы «комплексообразующий ионообменник – аминокислота – катионы металлов» заключается в наборе гетерогенных сорбционных и ряда сопутствующих равновесий, сопровождающих целевой процесс. В равновесном водном растворе, оказывающем влияние на сорбционный процесс, реализуются кислотно-основные равновесия аминокислоты. Наиболее сложные взаимодействия происходят при введении в систему катионов, способных к комплексообразованию. В ионообменнике количество равновесий химической и нехимической природы значительно больше. Кроме межчастичных сорбат-сорбатных и сольватных взаимодействий, реализуются также кислотно-основные равновесия, причем ступенчатые константы равновесия в фазе сорбента и растворе, как правило, сильно отличаются друг от друга. В присутствии низкомолекулярного лиганда катион металла может распределяться между ионообменником и раствором, образуя комплексные

соединения в обеих фазах. При определенных условиях возможно образование смешаннолигандных соединений в сорбенте.

Традиционным методом выделения аминокислот является лигандообменная хроматография [1–4]. При выборе катиона необходимо учитывать, насколько прочно он связывается с ионообменником, являющимся неподвижной фазой. Обычно используемый в качестве ионита сульфированный полистирол удерживает медь (II) достаточно прочно, в связи с чем она легко вытесняется другими катионами. Иногда катионами меди (II) заряжают хелатообразующие ионообменники, которые достаточно прочно удерживают эти ионы. В этом случае разделение смеси веществ происходит за счет различия в константах комплексообразования веществ и коэффициентах распределения комплексов.

При определенных условиях в фазе ионообменника в форме катионов комплексообразующих металлов возможно образование новых сорбционных центров, которые проявляют себя при сорбции аминокислот с формированием смешаннолигандных соединений: в состав сорбционного комплекса могут одновременно входить в качестве лигандов аминокислоты и неподвижные функциональные группы сорбента. При благоприятном взаимном расположении электронодонорных фиксированных групп бифункциональный ионообменник, в отличие от монофункционального, связывает ионы металлов в устойчивые ионитные комплексы, что снижает возможность вытеснения катионов металлов низкомолекулярными лигандами.

Таким образом, целью настоящей работы стало установление влияния водородного показателя водных растворов на закономерности равновесного распределения алифатических аминокислот, катионов меди (II) и никеля (II) в условиях их совместного присутствия между комплексообразующим ионообменником и водным раствором для определения условий выделения аминокислот из минеральных растворов.

Материалы и методы

Особенностью равновесий на межфазной границе в ионообменных системах со слабо- и среднекислотными ионообменниками является незначительность интервала значений pH, в котором функциональные группы ионизированы, а аминокислота находится в форме катионов и в растворе, и в ионообменнике. Алифатические аминокислоты с двумя функциональными группами у одного атома углерода (простейшая аминокислота – глицин и его производные – α -аланин, D, L-лейцин, валин и D, L-метионин)

имеют близкие термодинамические свойства и различную длину углеводородного радикала. Последнее приводит к различию в сродстве к полимерной матрице и особенностям молекулярного поглощения у глицина, который не является поверхностно-активным соединением (ПАВ), и аминокислот, обладающих свойствами ПАВ, – аланина и метионина.

В работе использовали слабоосновные карбоксильные катиониты – КБ-2, КБ-4 и полиамфолит – АНКБ-35; среднеосновные фосфорнокислые катионообменники – КРФ-5п, КФ-7 и полиамфолит Purolite S950. Натриевую форму ионитов получали по стандартной методике [5]. Медную и никелевую формы готовили динамическим способом, пропуская через навеску ионообменников в натриевой форме раствор нитрата металла (II) с концентрацией 0,5 моль/дм³. Смешанные Na⁺ – Me²⁺ формы готовили, помещая натриевую форму ионитов в раствор нитрата металла с концентрациями от 0,001 до 0,100 моль/дм³, и выдерживали в течение суток, периодически перемешивая, затем ионообменник отфильтровывали, отмывали и высушивали.

Используемые аминокислоты в растворе присутствуют виде катионов при pH < pK₁-2, в виде анионов при pH > pK₂+2 и в виде биполярных ионов в интервале pK₁+2 < pH < pK₂ -2. Водные растворы аминокислот готовили из реактивов марки «Reanal» по навеске, кислотность создавали добавлением раствора гидроксида калия или азотной кислоты и контролировали стеклянным электродом марки ЭСЛ-43-07 на иономере И-130, интервал pH изменяли от 2 до 12.

Изотермы сорбции аминокислот на ионитах из водных растворов различной кислотности получали методом отдельных навесок. Образцы воздушно-сухого ионита массой 0,100±0,00020 г помещали в колбы и заливали растворами аминокислот с молярными концентрациями от 0,001 до 0,020 моль/дм³. Сорбцию проводили в течение 24 ч при температуре 298 К. Концентрацию аминокислот в исходных растворах и в равновесии определяли фотометрическим методом, концентрацию катионов металлов контролировали комплексометрическим методом.

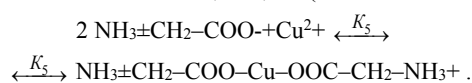
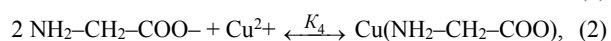
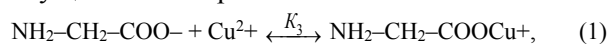
Для определения состава ионообменников в различных формах использовали метод инфракрасной спектроскопии. Образцы воздушно-сухих ионитов в изучаемых формах измельчали до состояния «пудры» и запрессовывали в таблетки с бромидом калия в соотношении 1:100. Спектры получали на приборе «Specord IR-75» в интервале волновых чисел от 4000 до 400 см⁻¹.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований обнаружено существенное различие во влиянии водородного показателя раствора на взаимодействие аминокислот с металлическими формами карбоксильных и фосфорнокислых комплексообразующих ионообменников.

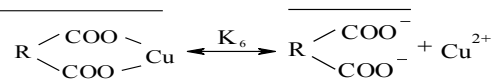
Изученные в работе равновесия глицина с карбоксильными катионообменниками КБ-2 и КБ-4 в медной форме показали, что емкость обоих марок катионообменников по глицину увеличивается при переходе из кислых растворов к нейтральным, достигая максимального значения для КБ-4 при сорбции из щелочного раствора. Аналогичная зависимость соблюдается и для коэффициентов сорбционного равновесия, однако на КБ-4 они близки в кислой и нейтральной средах.

Катионы меди (II) образуют с группой COO⁻ карбоксильных катионообменников координационные соединения, характеризующиеся асимметричными колебаниями ν_{as} COO⁻ в области 1530–1580 см⁻¹. Установлено, что ионы меди могут формировать два типа ионитных комплексов различной прочности [6]. Появление в матрице ионообменника сорбированной аминокислоты приводит к появлению новых и изменению интенсивности отдельных полос поглощения, характеризующих колебания, вызванные координационной связью между функциональной группой и сорбатом. Сделано предположение, что в системе, содержащей карбоксильный катионообменник в медной форме и ионы глицина, при различных pH будут осуществляться равновесия:



Поскольку в присутствии лигандов аминокислоты гидролиз ионов меди (II) подавляется, в том числе и по первой ступени с образованием CuOH⁺ (pK = 7,57), данное равновесие при описании системы не учитывалось. Константы устойчивости комплексов меди (II) с аминокислотой в воде имеют значения lgK_{3,y} = 8,10 ± 0,02, lgK_{4,y} = 14,75 ± 0,03. Таким образом, при 3 < pH < 6 в растворе преимущественно реализуется равновесие (1), при pH > 6 – равновесие (2).

В фазе ионитов в медной форме протекает равновесная реакция комплексообразования:



При pH раствора около 9 и низких концентрациях биполярного иона глицина на карбоксильных катионообменниках может осуществляться ионообменная реакция между катионом меди и биполярным ионом глицина. При более высоких pH присутствуют преимущественно анионы аминокислоты и могут образовываться смешаннолигандные комплексы по уравнению в фазе ионита. Предположение об образовании подобного комплекса следует из отсутствия увеличения концентрации катионов меди (II) в равновесном растворе при низких концентрациях глицина.

Итак, на медной форме карбоксильных катионообменников в щелочных растворах образуются смешанные ионитные комплексы с анионами аминокислот, поглощение аминокислот из кислых и нейтральных растворов протекает по ионообменному механизму. Анализ равновесий сорбции позволяет определить концентрационные соотношения компонентов системы, а также термодинамические функции, описывающие специфичность процесса избирательного поглощения ионов катионообменником, что дает возможность эффективного выбора условий селективной сорбции.

Водородный показатель водного раствора аминокислот оказывает значимое влияние на характер взаимодействия с карбоксильными катионообменниками в медной форме. Зависимость коэффициента распределения глицина ($K_d = c_r/c_s$) между ионообменниками и водным раствором от pH представлена на рисунке 1.

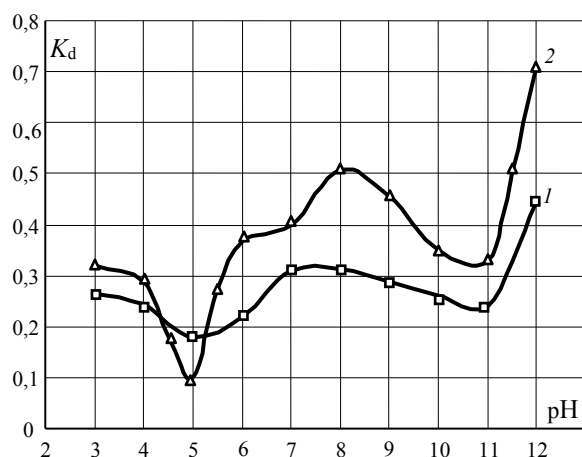


Рисунок 1. Коэффициенты распределения глицина между КБ-2 (1) или КБ-4 (2) в медной форме и водным раствором с различным pH

Figure 1. Glycine distribution coefficients between KB-2 (1) or KB-4 (2) in copper form and aqueous solution with different pH

В нейтральных и слабощелочных водных растворах ($6 < \text{pH} < 10$), то есть в интервале от $\text{p}K_1 = 6,2$ до $\text{p}K_2 = 9,6$, происходит увеличение K_d

глицина, обусловленное ионообменным поглощением биполярных ионов аминокислоты. В сильнощелочных растворах ($\text{pH} > 11$) увеличение K_d связано с образованием смешанных комплексов в фазе ионообменника и поглощением аниона аминокислоты.

Получены коэффициенты распределения L, D-метионина между карбоксильными катионообменниками в медной форме и водным раствором в широком интервале pH (рисунок 2).

В слабокислых и нейтральных растворах коэффициенты распределения $\frac{c_{\text{ак}}}{c_{\text{ак}}}$ имеют практически постоянную величину и незначительно увеличиваются с ростом кислотности. Минимальные коэффициенты распределения установлены в области pH, близкой к изоэлектрической точке аминокислоты. Увеличение коэффициентов распределения происходит в области pH от 8 до 12, причем в этом интервале сорбция метионина в 1,5–2,0 раза на КБ-2 выше, чем на КБ-4. Как известно, полная статическая обменная емкость КБ-2 выше, чем КБ-4 примерно в 1,5. Установленная в настоящей работе предельная сорбционная емкость по анионам метионина также выше практически в 1,5 раза. Кроме того, КБ-2 более селективен к ионам двухвалентных металлов, чем КБ-4, и поэтому на КБ-2 образуется большее количество координационно-ненасыщенных центров, способных удерживать аминокислоту.

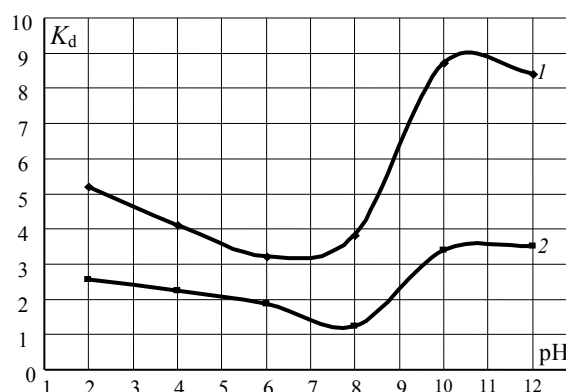


Рисунок 2. Коэффициенты распределения метионина между КБ-2 (1) или КБ-4 (2) в медной форме и водным раствором с различным pH

Figure 2. Methionine distribution coefficients between KB-2 (1) or KB-4 (2) in copper form and aqueous solution with different pH

Изменения pH равновесного раствора и внутри зерна, приводящие к модификации комплексов меди (II) в фазе КБ-2, влияют на природу образующихся комплексов металла с метионином. При взаимодействии КБ-2 или КБ-4 в медной форме с аминокислотой наиболее вероятно формирование координационного

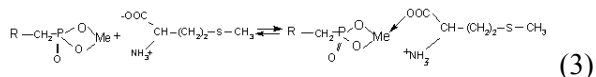
соединения между карбоксильной группой катионообменника и ионом меди (II) с метионином при pH выше изоэлектрической точки аминокислоты.

Фосфорнокислые ионообменники в металлической форме (медной или никелевой) ведут себя по другому при взаимодействии с растворами метионина. Сделано предположение, что при изменении pH возможно как разрушение ионитного комплекса, так и образование координационно-ненасыщенной формы ионообменника с последующим появлением способности сорбировать ионы, имеющие донорные свойства.

Разрушение ионитного комплекса происходит более сильным, чем лигандные группы сорбента, донором электронов или более сильным, чем ионы закомплексованного металла, акцептором электронов. Образование координационно-ненасыщенных лигандных групп ионообменника предопределяет введение в фазу сорбента компонента, содержащего акцептор электронов.

При сорбции L, D-метионина на фосфорнокислых катионообменниках КРФ-5п и КФ-7 в никелевой и медной формах происходит элюирование катионов меди (II) во внешний щелочной раствор (pH 11). Сделано предположение, что десорбция меди (II) протекает по механизму ионного обмена: ионы аминокислоты замещают катионы металла на функциональной группе сорбента. При взаимодействии биполярных ионов метионина катионы меди (II) выделяются в раствор в следовых количествах.

Сорбционная емкость КРФ-5п как медной, так и никелевой форм, по биполярному иону выше, чем по аниону. Поглощение биполярных ионов металлической формой ионообменника происходит с образованием малоустойчивых соединений, поскольку координация ионом-комплексобразователем аминокислот совершается без участия заряженных аминогрупп. В данных системах поглощение аминокислоты катионообменником КРФ-5п (Me^{+2}), вероятно, происходит по схеме



Константы устойчивости нормальных комплексов типа MeL_2 метионина с медью (II) ($\lg K_y = 14,7$) и никелем (II) ($\lg K_y = 9,8$) выше устойчивости соответствующих комплексов на фосфорнокислых ионообменниках ($\lg K_y = 7,2$). То есть разрушение ионитного комплекса происходит более «сильным» лигандом, способным элюировать катионы металлов в раствор. Взаимодействие аминокислоты в форме аниона с КРФ-5п (Cu^{2+}) и КФ-7 (Cu^{2+}) сопровождается элюированием катионов меди (II) из сорбента в раствор при $7 < \text{pH} < 11$.

При сорбции биполярных ионов метионина медь (II) выделяется в следовых количествах, что позволяет сделать вывод об образовании в фазе ионообменника по уравнению (3) смешаннолигандного комплекса. Константы устойчивости протонированных комплексов метионина с медью (II) ($\lg K_y = 4,9$) и никелем (II) ($\lg K_y = 2,8$) ниже устойчивости соответствующих ионитных комплексов с фосфорнокислыми ионообменниками. При введении в фазу ионообменника метионина из кислых и нейтральных растворов происходит образование координационно-ненасыщенной формы ионообменника с последующим образованием смешанного ионитного комплекса.

Получены зависимости коэффициентов распределения катионов металлов между фосфоновыми катионообменниками и водным раствором с различным pH, содержащим метионин (рисунок 3). В интервале $\text{pH} < 4$ и при $\text{pH} > 8$ наблюдается понижение содержания катионов меди в ионообменнике. В нейтральных растворах содержание катионов в смоле достигает максимума благодаря активному поглощению аминокислоты из раствора без элюирования катионов.

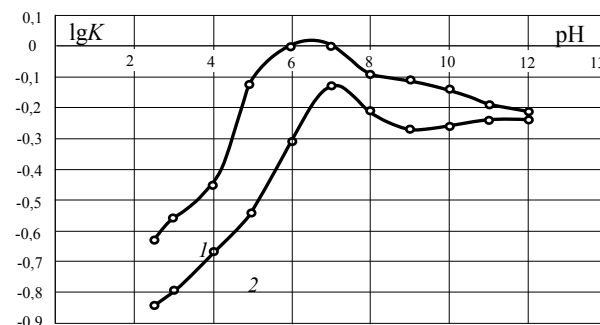


Рисунок 3. Коэффициенты распределения катионов меди (II) (1) и никеля (II) (2) между КРФ-5п и L, D-метионином в водном растворе при 298 К

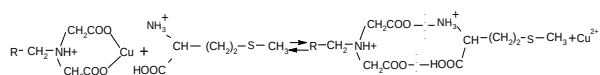
Figure 3. Distribution coefficients of copper (II) (1) and Nickel (II) (2) ions between KRF-5P and L, D-methionine in aqueous solution at 298 K

Определено, что максимальная степень извлечения катионов металлов фосфорнокислыми катионообменниками достигается из нейтральных растворов. Поскольку ионы переходных металлов в щелочных растворах подвергаются гидролизу, данное обстоятельство является удобным для сорбционного извлечения ионов меди (II) и никеля (II).

Таким образом, на ионообменнике в форме переходного металла возможно образование новых сорбционных центров, которые проявляют себя при сорбции аминокислот. Сорбированные катионы взаимодействуют

с лигандами, содержащимися во внешнем растворе, без разрыва координационной связи металл – функциональная группа ионообменника. Такая возможность определяется координационной ненасыщенностью центрального иона-комплексобразователя в кислом или нейтральном растворе. Внешняя сфера ионитного комплекса может обмениваться с низкомолекулярными лигандами раствора в условиях благоприятного сочетания констант устойчивости.

При взаимодействии катионов метионина с иминокарбоксильным полиамфолитом АНКБ-35 в медной или никелевой формах происходит элюирование ионов металла в раствор. Десорбция меди (II) происходит по ионообменному механизму, аминокислота замещает катионы металла в фазе сорбента:



Во внешнем растворе происходит повышение pH, появляются биполярные ионы метионина, взаимодействующие с выделившимися катионами меди (II), и образуется протонированное соединение с метионином.

Константа устойчивости комплексного соединения меди с иминокарбоксильными группами ионообменника ($\bar{K}_y$) меньше, чем меди (II) с метионином в слабокислом растворе (K_y), поэтому происходит элюирование катионов меди в кислый раствор, а ионитный комплекс разрушается [7, 8].

Иная ситуация выявлена при взаимодействии АНКБ-35 (Cu^{+2}) с анионами метионина. Катионы металла выделяются в раствор в следовых количествах. В данной системе, вероятно, происходит сорбция аминокислоты с образованием смешаннолигандных ионитных комплексов меди, причем данные соединения достаточно устойчивы, поскольку элюирования катионов металла в раствор не наблюдается. При сорбции аниона метионина имеет место соотношение $\bar{K}_y > K_y$, поэтому аминокислота не разрушает ионитный комплекс меди. При условии, что медь (II) в сорбенте находится в координационно-ненасыщенном состоянии, существует возможность образования смешаннолигандных комплексов, что обуславливает относительно высокую предельную сорбционную емкость АНКБ-35 по метионину.

Водородный показатель среды играет определяющую роль в изменении природы взаимодействия между сорбтивом и ионообменником в медной форме. В условиях благоприятного сочетания констант устойчивости комплексов

металла с конкурирующими лигандами $\bar{K}_y > K_y$ сорбированные катионы взаимодействуют с входящими низкомолекулярными лигандами без разрыва координационной связи металл-функциональная группа ионообменника. При pH 2,0 и 5,5 по ионообменному механизму происходит разрушение ионитного комплекса с элюированием катионов меди (II) в раствор. При pH 11 и наличии координационно-ненасыщенной формы ионообменника формируются смешаннолигандные комплексы в фазе сорбентов.

Сравнение особенностей взаимодействия медной и никелевой форм АНКБ-35 с метионином позволило сделать вывод о том, что из кислых растворов аминокислота поглощается практически в равных количествах на обеих формах полиамфолита, при этом катионы металлов десорбируются в раствор с образованием протонированных метионинатов. Взаимодействие анионов метионина с медной формой ионообменника приводит к образованию смешаннолигандных ионитных комплексов, в то время как взаимодействие анионов метионина с никелевой формой полиамфолита приводит к выделению металла с образованием нормальных моно- и билигандных комплексов в зависимости от концентрации аминокислоты в растворе [9, 10]. Иминокарбоксильный ионит АНКБ-35 может быть использован как для выделения катионов меди и никеля после сорбции на смоле, так и для сорбции метионина из раствора путем варьирования водородного показателя среды.

В системе с аминокислотным ионообменником Purolite S950 в кислых и нейтральных растворах формируются смешаннолигандные комплексы аминокислот в фазе сорбентов, в щелочных растворах – ионитный комплекс разрушается, происходит элюирование катионов меди (II) в раствор. Коэффициент распределения аминокислоты между ионообменниками и водным раствором имеет максимальное значение при условии формирования смешаннолигандных комплексов.

Изучено распределение как аминокислот, так и катионов меди между аминокислотным ионообменником и водным раствором с различным pH. Коэффициенты распределения аминокислот в присутствии катионов меди имеют во всем интервале pH низкие значения, увеличивающиеся от 0,2 при pH 2 до 1,2 при pH 8. Коэффициенты распределения меди возрастают от 0,9 при pH 2 до 8 при pH 11. Разделения катионов меди и аминокислот можно достичь уже при pH 8, поскольку коэффициенты распределения различаются на порядок.

Заключение

В общем случае при взаимодействии алифатических аминокислот с металлическими формами комплексообразующих ионообменников может происходить как разрушение ионитного комплекса с элюированием катионов в раствор, так и образование смешаннолигандных комплексов в фазе сорбентов. Установлено различие во влиянии водородного показателя раствора на взаимодействие аминокислот с медными или никелевыми формами комплексообразующих ионообменников.

В системе с карбоксильными монофункциональными (КБ-2 и КБ-4) и бифункциональным (АНКБ-35) ионообменниками в кислых и нейтральных растворах аминокислота разрушает ионитный комплекс, происходит элюирование катионов меди (II) в раствор.

В щелочных растворах формируются смешаннолигандные комплексы аминокислоты в фазе сорбентов: КБ-2 и КБ-4 при низких концентрациях аминокислот (при более высоких концентрациях аминокислота десорбирует ионы меди в раствор), АНКБ-35 – в широком интервале концентраций. Коэффициент распределения аминокислоты между карбоксильным катионообменником и водным раствором имеет максимальное значение при pH 10 и в 2 раза больше на КБ-2, чем на КБ-4. В условиях благоприятного сочетания pH среды и концентрации раствора аминокислоты сорбированные катионы металлов

взаимодействуют с входящими низкомолекулярными лигандами без разрыва координационной связи металл–функциональная группа ионообменника. Емкости карбоксильных сорбентов в медной форме по аниону аминокислоты выше, чем по катиону или биполярному иону.

Противоположная ситуация наблюдается в системах с фосфорнокислыми ионообменниками КРФ-5п и КФ-7. В кислых и нейтральных растворах образуются смешаннолигандные ионитные комплексы аминокислоты, в щелочных растворах аминокислота разрушает комплекс меди в фазе ионообменника и происходит элюирование металла (II) в раствор. Емкости фосфорнокислых сорбентов в медной форме по аниону метионина ниже, чем по катиону или биполярному иону.

Влияние водородного показателя среды сказывается, в первую очередь, на изменении природы образующихся комплексных соединений в фазе сорбента и равновесном растворе и соотношении их констант устойчивости. Если константа устойчивости ионитного комплекса ($\bar{K}_y$) выше константы устойчивости соединения с низкомолекулярным лигандом (K_y), то сорбированные катионы меди взаимодействуют с входящими ионами метионина без разрыва координационной связи металл – функциональная группа ионообменника. Если наоборот, $\bar{K}_y < K_y$, то происходит преимущественное элюирование катионов меди (II) с образованием комплексных соединений с аминокислотой в водном растворе.

Литература

- 1 Csapó J., Albert C., Lóki K., Csapó-Kiss Zs. Separation and determination of the amino acids by ion exchange column chromatography applying postcolumn derivatization // Acta Univ. Sapientiae, Alimentaria. 2008. № 1. P. 5–29.
- 2 Pérez-Miguer R., Bruyneel B., Castro-Puyana M., Marina M.L., Somsen G.W., Domínguez-Vega E. Chiral Discrimination of DL-Amino Acids by Trapped Ion Mobility Spectrometry after Derivatization with (+) – 1-(9-Fluorenyl) ethyl Chloroformate // Anal. Chem. 2019. V. 91. P. 3277–3285.
- 3 Lee S., Kim S.J., Bang E., Na Y.C. Chiral separation of intact amino acids by capillary electrophoresis-mass spectrometry employing a partial filling technique with a crown ether carboxylic acid // J Chromatogr A. 2019. V. 1586. № 8. P. 128–138.
- 4 Lipka E., Dascalu A. – E., Messara, Tsutsqiridze E., Farkas T., Chankvetadze B. Separation of enantiomers of amino acids with polysaccharide-based chiral columns in supercritical fluid chromatography // Journal of Chromatography A. 2019. V. 1585. № 25. P. 207–212.
- 5 ГОСТ 10896–78. Иониты. Подготовка к испытанию. М.: Изд-во стандартов, 1999. 5 с.
- 6 Бондарева Л.П., Русина Е.В., Овсянникова Д.В. Соединения лейцина с катионами меди (II) в водных растворах // Вестник ВГУИП. 2017. Т. 79. № 4. С. 175–180.
- 7 Пат. № 2435755, RU, C07C227/40, C07C319/28, G01N30/02, G01N30/96. Способ ионообменного разделения метионина и глицина / Бондарева Л.П., Гапеев А.А., Корниенко Т.С., Загоруйко Е.А., Небольсин А.Е.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Воронеж. гос. технол. академия. № 2010118036/04; Заявл. 05.05.2010; Оpubл. 10.12.2011, Бюл. № 34.
- 8 Гапеев А.А., Бондарева Л.П., Астапов А.В., Корниенко Т.С. Гидратация и сорбция аминокислот иминофосфоновым ионообменником // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2016. Т. 52. № 4. С. 436–441.
- 9 Каширцева Е.Р., Хохлов В.Ю., Хохлова О.Н. Роль ионной формы ионообменника при необменной сорбции фенилаланина // Сорбционные и хроматографические процессы. 2018. Т. 18. № 2. С. 170–175.
- 10 Хохлова О.Н., Хохлов В.Ю., Башлыкова О.Ю., Трунаева Е.С. Термодинамика сверхэквивалентной сорбции в многокомпонентных ионообменных системах с участием аминокислот // Журнал физической химии. 2017. Т. 91. № 4. С. 725–729.

References

- 1 Csapó J., Albert Cs., Lóki K., Csapó-Kiss Zs. Separation and determination of the amino acids by ion exchange column chromatography applying postcolumn derivatization. *Acta Univ. Sapientiae, Alimentaria*. 2008. no. 1. pp. 5–29.
- 2 Pérez-Míguer R., Bruyneel B., Castro-Puyana M., Marina M.L., Somsen G.W., Domínguez-Vega E. Chiral Discrimination of DL-Amino Acids by Trapped Ion Mobility Spectrometry after Derivatization with (+)–1-(9-Fluorenyl) ethyl Chloroformate. *Anal. Chem.* 2019. vol. 91. pp. 3277–3285.
- 3 Lee S., Kim S.J., Bang E., Na Y.C. Chiral separation of intact amino acids by capillary electrophoresis-mass spectrometry employing a partial filling technique with a crown ether carboxylic acid. *J Chromatogr A*. 2019. vol. 1586. no. 8. pp. 128–138.
- 4 Lipka E., Dascalu A.-E., Messara, Tsutsiridze E., Farkas T., Chankvetadze B. Separation of enantiomers of amino acids with polysaccharide-based chiral columns in supercritical fluid chromatography. *Journal of Chromatography A*. 2019. vol. 1585. no. 25. pp. 207–212.
- 5 State Standard 10896–78. Ion-exchange. Preparation for the test. Moscow, Publishing house of standards, 1999. 5 p. (in Russian).
- 6 Bondareva L.P., Rusina E.V., Ovsyannikova D.V. Leucine compounds With copper (II) cations in aqueous solutions. *Proceedings of VSUET*. 2017. vol. 79. no. 4. pp. 175–180. (in Russian).
- 7 Bondareva L.P., Gapeev A.A., Kornienko T.S., Zagorulko E.A., Nebolsin A.E. Method of ion exchange separation of methionine and glycine. Patent RF, no. 2435755, 2011. (in Russian).
- 8 Gapeev A.A., Bondareva L.P., Astapov A.V., Kornienko T.S. Hydration and Sorption of Amino Acids by an Iminophosphonic Ion Exchanger. *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*. 2016. vol. 52. no. 4. pp. 689–694. (in Russian).
- 9 Kashirtseva E.R., Khokhlov V.Yu., Khokhlova O.N. The Role of the ion form of the ion exchanger in the non-exchange sorption of phenylalanine. *Sorption and chromatographic processes*. 2018. vol. 18. no. 2. pp. 170–175. (in Russian).
- 10 Khokhlova O.N., Khokhlov V.Yu., Bashlykova O.Yu., Trunaeva E.S. Thermodynamics of overequivalent sorption in multicomponent ion-exchange systems with amino acids. *Russian Journal of Physical Chemistry A*. 2017. vol. 91. no. 4. pp. 725–729. (in Russian).

Сведения об авторах

Лариса П. Бондарева к.х.н., доцент, кафедра физической и аналитической химии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, larbon@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9143-9374>

Юрий С. Перегудов к.х.н., доцент, кафедра неорганической химии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, inorganic_033@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2129-3191>

Алексей В. Астапов к.х.н., доцент, кафедры физики и химии, Военно-воздушной академии имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большеви-ков, 54 «А», г. Воронеж, 394064, Россия, solar_al@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7314-3024>

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Larisa P. Bondareva Cand. Sci. (Chem.), associate professor, physical and analytical chemistry department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, larbon@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9143-9374>

Yurii S. Peregudov Cand. Sci. (Chem.), associate professor, inorganic chemistry and chemical technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, inorganic_033@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2129-3191>

Aleksey V. Astapov Cand. Sci. (Chem.), associate professor, physics and chemistry department, Academy of the Air Force named by Professors N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin, st. of Old Bolsheviks, 54 “A”, Voronezh, 394064, Russia, solar_al@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7314-3024>

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 03/08/2019	После редакции 20/08/2019	Принята в печать 02/09/2019
Received 03/08/2019	Accepted in revised 20/08/2019	Accepted 02/09/2019

Создание автоматизированной системы измерения технологических параметров на линии производства резиновой смеси

Валерия С. Жиркова	¹	valeria_shishova@mail.ru	
Наталья Л. Клейменова	¹	klesha78@list.ru	 0000-0002-1462-4055
Ольга П. Дворянинова	¹	olga-dvor@ya.ru	 0000-0002-7866-1883
Людмила И. Назина	¹	nazina_lyudmila@mail.ru	 0000-0002-3865-9383
Сергей В. Ершов	¹	yershovletters@mail.ru	

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

Аннотация. Внедрение автоматизированной системы управления на линии производства резиновой смеси уменьшит влияние человеческого фактора на качество резиновых изделий, что приведет к значительному улучшению эксплуатационных и физико-механических характеристик конечного изделия. Также разработка этой системы позволит создать централизованную систему сбора данных для создания отчетов о технологических операциях процесса производства. Для получения высококачественной продукции необходим контроль и поддержание всех технологических параметров во время работы оборудования на неизменном уровне, современных средств регистрации и управления параметрами. При производстве резиновой смеси необходимо обеспечить высокую степень автоматизации основного технологического оборудования, что позволит более точно дозировать ингредиенты, в том числе и пылящие, вести процесс в заданном температурном режиме в течение времени, необходимого для получения качественной продукции. Осуществление автоматического контроля в процессе применения оборудования высокой производительности не возможно без использования средств измерений и контроля. Статья посвящена проблеме автоматизации системы измерения технологических параметров на линии производства резиновой смеси с целью повышения качества производимой продукции. Проведен анализ технологического процесса, выбраны контролируемые параметры не только режимов технологического процесса, но и сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Представлен выбор приборов и локальных средств автоматизации, а также выбор промышленного микроконтроллера, с помощью которого осуществляется управление на нижнем уровне интегрированной системы автоматизации. Предложена функциональная схема автоматизации процесса производства резиновой смеси, которая позволит получить продукт с показателями качества, соответствующими регламентированному уровню.

Ключевые слова: резиновая смесь, контур измерения, погрешность, выходной сигнал, доверительный интервал

Creation of an automated system for measuring technological parameters in the rubber production line

Valeria S. Zhirkova	¹	valeria_shishova@mail.ru	
Natalya L. Kleymenova	¹	klesha78@list.ru	 0000-0002-1462-4055
Olga P. Dvoryaninova	¹	olga-dvor@ya.ru	 0000-0002-7866-1883
Lyudmila I. Nazina	¹	nazina_lyudmila@mail.ru	 0000-0002-3865-9383
Sergey V. Ershov	¹	yershovletters@mail.ru	

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The introduction of an automated control system on the production line of the rubber compound will reduce the influence of the human factor on the quality of rubber products, which will lead to a significant improvement in the operational and physico-mechanical characteristics of the final product. Also, the development of this system will create a centralized data collection system for creating reports on technological operations of the production process. To obtain high-quality products, it is necessary to control and maintain all technological parameters during equipment operation at the same level, modern means of registration and parameter management. In the production of rubber compounds, it is necessary to ensure a high degree of automation of the main technological equipment, which will make it possible to more accurately dose the ingredients, including dusting ones, to conduct the process in a given temperature regime for the time required to obtain high-quality products. The implementation of automatic control during the use of high-performance equipment is not possible without the use of measuring and control equipment. The article is devoted to the problem of automation of a system for measuring technological parameters on a rubber compound production line in order to improve the quality of manufactured products. The analysis of the technological process is carried out, the controlled parameters of not only the modes of the technological process, but also of raw materials, semi-finished products and finished products are selected. The choice of instruments and local automation equipment is presented, as well as the choice of an industrial microcontroller with which control is carried out at the lower level of an integrated automation system. A functional diagram of the automation of the rubber compound production process is proposed, which will allow to obtain a product with quality indicators corresponding to the regulated level.

Keywords: rubber compound, measurement loop, error, output signal, confidence interval

Для цитирования

Жиркова В.С., Клейменова Н.Л., Дворянинова О.П., Назина Л.И., Ершов С.В. Создание автоматизированной системы измерения технологических параметров на линии производства резиновой смеси // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 225–230. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-225-230

For citation

Zhirkova V.S., Kleymenova N.L., Dvoryaninova O.P., Nazina L.I., Ershov S.V. Creation of an automated system for measuring technological parameters in the rubber production line. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 225–228. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-225-230

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

В производстве резинотехнических изделий основным подготовительным процессом служит изготовление резиновой смеси, которая представляет собой многокомпонентную эластомерную гомогенную систему, включающую каучуки (натуральный и / или синтетические), вулканизирующие агенты, технический углерод и другие ингредиенты [1].

Для получения резиновой смеси с нормативными значениями показателей качества, соответствующими регламентированному уровню, следует осуществлять управление процессом производства [2].

Контроль качества на всех стадиях производства резиновой смеси происходит с использованием автоматизированных средств измерения и контроля [1, 7].

Результаты и обсуждение

Проанализировав технологический процесс, были выбраны контролируемые параметры (таблица 1) [3].

Функциональная схема автоматизации производства резиновой смеси представлена на рисунке 1 [8, 9].

Измерение температуры в резиносмесителе осуществляется при помощи датчика температуры ТСМ Метран 2700 (позиция 1а). Унифицированный токовый сигнал 4÷20 мА с датчика поступает на вход вторичного прибора ОВЕН ИДЦ1 (позиция 1б), который показывает и регистрирует температуру резиновой смеси [4].

Одновременно с этим унифицированный сигнал с датчика температуры (позиция 1а) поступает на вход № 1 платы аналогового ввода TSXAEZ414–1 промышленного микроконтроллера TSXMicro, который обрабатывается с помощью микроконтроллера TSXMicro 3705/08, а также при помощи сетевого контроллера TSXETZ510 подается на промышленную рабочую станцию Baikal-T1 по сети Ethernet. Далее сигнал регистрируется на жестких магнитных дисках НЖМД, выводится на монитор ASUSVX239H и обрабатывается с помощью процессора P5600 MIPS.

Таблица 1.

Параметры, подлежащие контролю при производстве резиновой смеси

Table 1.

Parameters to be controlled in the production of rubber mixtures

Параметр Indicator	Обозначение аппарата Device designation	Регламентируемые значения Values	
		min	max
Температура резиновой смеси, °C The temperature of the rubber mixture, °C	5	110	120
Уровень жидких мягчителей, м The level of liquid softeners, m	7	1,0	1,8
Уровень гранулированного технического углерода, м The level of granulated carbon black, m	1	0,7	1,5
Уровень серы, м The level of sulfur, m	10	0,6	1,2
Уровень оксида магния, м The level of magnesium oxide, m	13	0,3	0,8
Уровень ускорителей, м The level of accelerators, m	15	0,5	1,0
Уровень гранулированного каучука, м The level of granulated rubber, m	27	0,7	1,5
Масса технического углерода, кг The mass of carbon black, kg	3	2000	3000
Масса серы, кг The mass of sulfur, kg	3	800	1200
Масса оксида магния, кг The mass of magnesium oxide, kg	3	250	500
Масса ускорителей, кг The mass of accelerators, kg	3	400	600
Масса противостарителей, кг The mass of antioxidants, kg	3	500	1000
Масса смеси мела, каолина и оксида цинка, кг The mass of the mixture of chalk, kaolin and zinc oxide, kg	3	800	1000
Масса смеси спецбитума и фенолформальдегидных смол, кг The mass of the mixture of special bitumen and phenol-formaldehyde resins, kg	3	1200	1500

При достижении уровнем жидких мягчителей в продувочном баке верхнего предельного значения реле сигнализатора уровня СУ-100 (поз. 2а) замыкает контакты цепи питания сигнальной лампы L-50 (поз. HL1). Далее сигнал из цепи питания поступает на вход № 1 платы дискретного ввода TSXDEZ12D2K промышленного микроконтроллера TSXMicro

3705/08, а также при помощи сетевого контроллера TSXETZ510 подается на промышленную рабочую станцию Baikal-T1 по сети Ethernet. Полученный сигнал регистрируется на жестких магнитных дисках НЖМД, выводится на монитор ASUSVX239H и обрабатывается с помощью процессора P5600 MIPS [10].

При достижении уровнем гранулированного технического углерода в расходном бункере верхнего предельного значения реле

сигнализатора уровня СУ-100 (позиция 3а) замыкает контакты цепи питания сигнальной лампы L-50 (позиция HL2) [5].

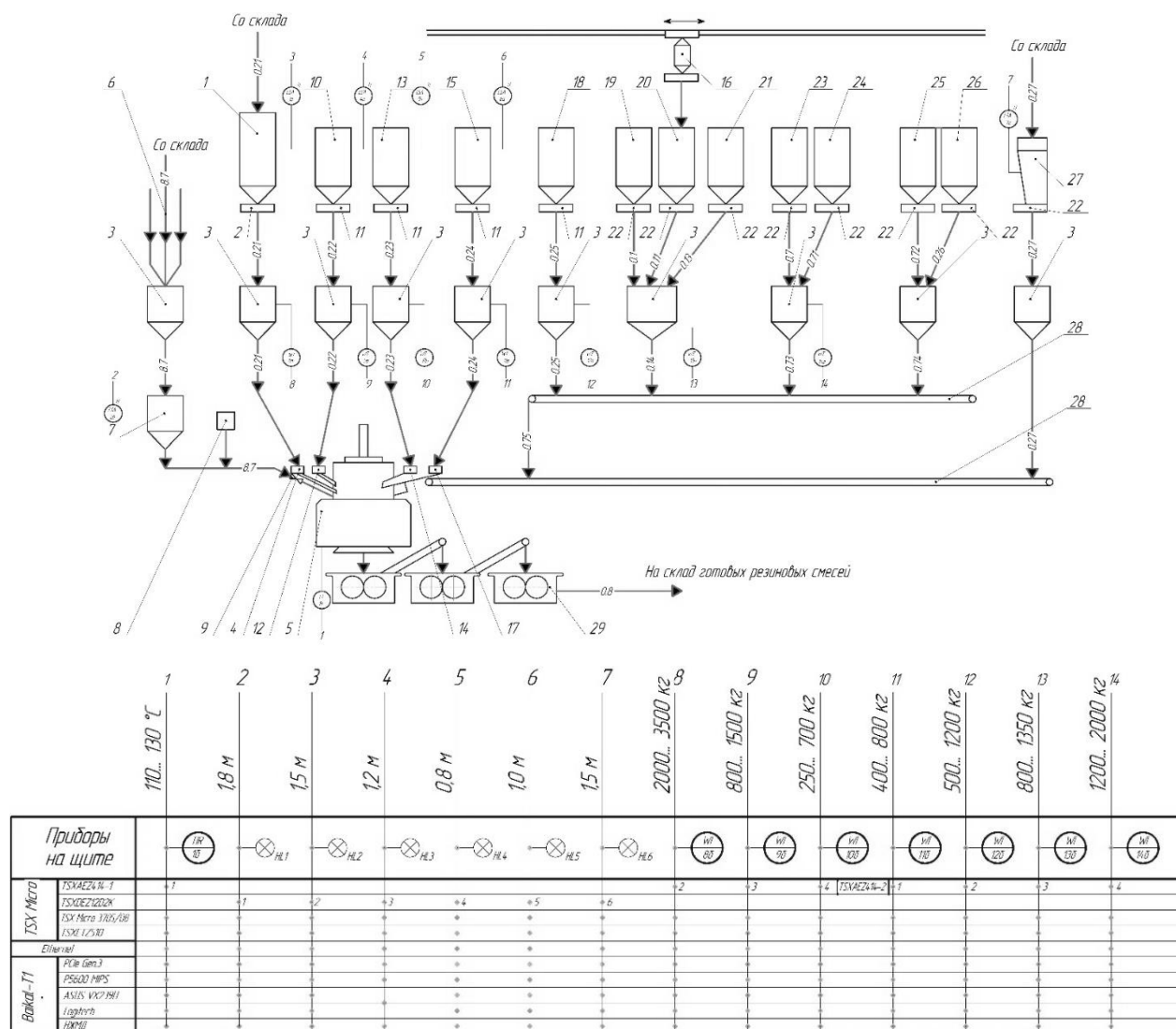


Рисунок 1. Функциональная схема автоматизации производства резиновой смеси

Figure 1. Functional diagram of automation of rubber production

Затем сигнал из цепи питания поступает на вход № 2 платы дискретного ввода TSXDEZ12D2K промышленного микроконтроллера TSXMicro 3705/08, а также при помощи сетевого контроллера TSXETZ510 подается на промышленную рабочую станцию Baikal-T1 по сети Ethernet. Далее сигнал регистрируется на жестких магнитных дисках НЖМД, выводится на монитор ASUSVX239H и обрабатывается с помощью процессора P5600 MIPS.

При достижении уровнем серы в расходном бункере верхнего предельного значения реле сигнализатора уровня СУ-100 (позиция 4а) замыкает контакты цепи питания сигнальной лампы L-50 (позиция HL3) [8].

Одновременно с этим сигнал из цепи питания поступает на вход № 3 платы дискретного

ввода TSXDEZ12D2K промышленного микроконтроллера TSXMicro 3705/08, а также при помощи сетевого контроллера TSXETZ510 подается на промышленную рабочую станцию Baikal-T1 по сети Ethernet. Далее сигнал регистрируется на жестких магнитных дисках НЖМД, выводится на монитор ASUSVX239H и обрабатывается с помощью процессора P5600 MIPS.

При достижении уровнем оксида магния в расходном бункере верхнего предельного значения реле сигнализатора уровня СУ-100 (позиция 5а) замыкает контакты цепи питания сигнальной лампы L-50 (позиция HL4). Далее сигнал из цепи питания поступает на вход № 4 платы дискретного ввода TSXDEZ12D2K промышленного микроконтроллера TSXMicro 3705/08,

а также при помощи сетевого контроллера TSXETZ510 подается на промышленную рабочую станцию Baikal-T1 по сети Ethernet. Далее сигнал регистрируется на жестких магнитных дисках НЖМД, выводится на монитор ASUSVX239H и обрабатывается с помощью процессора P5600 MIPS.

При достижении уровнем ускорителей в расходном бункере верхнего предельного значения реле сигнализатора уровня СУ-100 (позиция 6а) замыкает контакты цепи питания сигнальной лампы L-50 (позиция HL5).

После сигнал из цепи питания поступает на вход № 5 платы дискретного ввода TSXDEZ12D2K промышленного микроконтроллера TSX Micro 3705/08, а также при помощи сетевого контроллера TSXETZ510 подается на промышленную рабочую станцию Baikal-T1 по сети Ethernet. Далее сигнал регистрируется на жестких магнитных дисках НЖМД, выводится на монитор ASUS VX239H и обрабатывается с помощью процессора P5600 MIPS.

При достижении уровнем гранулированного каучука в расходном бункере верхнего предельного значения реле сигнализатора уровня СУ-100 (позиция 7а) замыкает контакты цепи питания сигнальной лампы L-50 (позиция HL6). Сигнал из цепи питания поступает на вход № 6 платы дискретного ввода TSXDEZ12D2K промышленного микроконтроллера TSX Micro 3705/08, а также при помощи сетевого контроллера TSXETZ510 подается на промышленную рабочую станцию Baikal-T1 по сети Ethernet. Далее сигнал регистрируется на жестких магнитных дисках НЖМД, выводится на монитор ASUS VX239H и обрабатывается с помощью процессора P5600 MIPS.

Измерение массы продукта на автоматических весах осуществляется при помощи тензодатчика SBA (позиция 8а). Унифицированный токовый сигнал $4\div 20$ мА с датчика поступает на вход вторичного прибора в виде весового индикатора SH-50 (позиция 8б), который показывает массу гранулированного технического углерода. Унифицированный токовый сигнал с тензодатчика (позиция 8а) поступает на вход № 2 платы аналогового ввода TSXAEZ414-1 промышленного микроконтроллера TSX Micro, который обрабатывается с помощью процессора TSX Micro 3705/08, а также при помощи сетевого контроллера TSXETZ510 подается на промышленную рабочую станцию Baikal-T1 по сети Ethernet. Далее сигнал регистрируется на жестких магнитных дисках НЖМД, выводится на монитор ASUS VX239H и обрабатывается с помощью процессора P5600 MIPS.

Измерение массы продукта на автоматических весах осуществляется при помощи тензодатчика SBA (позиция 9а). Унифицированный токовый сигнал $4\div 20$ мА с датчика поступает на вход вторичного прибора в виде весового индикатора SH-50 (позиция 9б), который показывает массу серы.

Одновременно с этим унифицированный токовый сигнал с тензодатчика (позиция 9а) поступает на вход № 3 платы аналогового ввода TSXAEZ414-1 промышленного микроконтроллера TSX Micro, который обрабатывается с помощью процессора TSX Micro 3705/08, а также при помощи сетевого контроллера TSXETZ510 подается на промышленную рабочую станцию Baikal-T1 по сети Ethernet. Далее сигнал регистрируется на жестких магнитных дисках НЖМД, выводится на монитор ASUS VX239H и обрабатывается с помощью процессора P5600 MIPS.

Измерение массы продукта на автоматических весах осуществляется при помощи тензодатчика SBA (позиция 10а). Унифицированный токовый сигнал $4\div 20$ мА с датчика поступает на вход вторичного прибора в виде весового индикатора SH-50 (позиция 10б), который показывает массу оксида магния.

Далее унифицированный токовый сигнал с тензодатчика (позиция 10а) поступает на вход № 4 платы аналогового ввода TSXAEZ414-1 промышленного микроконтроллера TSX Micro, который обрабатывается с помощью процессора TSX Micro 3705/08, а также при помощи сетевого контроллера TSXETZ510 подается на промышленную рабочую станцию Baikal-T1 по сети Ethernet. Далее сигнал регистрируется на жестких магнитных дисках НЖМД, выводится на монитор ASUS VX239H и обрабатывается с помощью процессора P5600 MIPS.

Измерение массы продукта на автоматических весах осуществляется при помощи тензодатчика SBA (позиция 11а). Унифицированный токовый сигнал $4\div 20$ мА с датчика поступает на вход вторичного прибора в виде весового индикатора SH-50 (позиция 11б), который показывает массу ускорителей. Унифицированный токовый сигнал с тензодатчика (позиция 11а) поступает на вход № 1 платы аналогового ввода TSXAEZ414-2 промышленного микроконтроллера TSX Micro, который обрабатывается с помощью процессора TSX Micro 3705/08, а также при помощи сетевого контроллера TSXETZ510 подается на промышленную рабочую станцию Baikal-T1 по сети Ethernet. Далее сигнал регистрируется на жестких магнитных дисках НЖМД, выводится на монитор ASUS VX239H и обрабатывается с помощью процессора P5600 MIPS.

Измерение массы продукта на автоматических весах осуществляется при помощи тензодатчика SBA (позиция 12а). Унифицированный токовый сигнал $4\div 20$ мА с датчика поступает на вход вторичного прибора в виде весового индикатора SH-50 (позиция 12б), который показывает массу противостарителей.

Одновременно с этим унифицированный токовый сигнал с тензодатчика (позиция 12а) поступает на вход № 2 платы аналогового ввода TSXAEZ414–2 промышленного микроконтроллера TSX Micro, который обрабатывается с помощью процессора TSX Micro 3705/08, а также при помощи сетевого контроллера TSXETZ510 подается на промышленную рабочую станцию Baikal-T1 по сети Ethernet. Далее сигнал регистрируется на жестких магнитных дисках НЖМД, выводится на монитор ASUS VX239H и обрабатывается с помощью процессора P5600 MIPS.

Измерение массы продукта на автоматических весах осуществляется при помощи тензодатчика SBA (позиция 13а). Унифицированный токовый сигнал $4\div 20$ мА с датчика поступает на вход вторичного прибора в виде весового индикатора SH-50 (позиция 13б), который показывает массу смеси мела, каолина и оксида цинка. Унифицированный токовый сигнал с тензодатчика (позиция 13а) поступает на вход № 3 платы аналогового ввода TSXAEZ414–2 промышленного микроконтроллера TSX Micro, который обрабатывается с помощью процессора TSX Micro 3705/08, а также при помощи

сетевого контроллера TSXETZ510 подается на промышленную рабочую станцию Baikal-T1 по сети Ethernet. Далее сигнал регистрируется на жестких магнитных дисках НЖМД, выводится на монитор ASUS VX239H и обрабатывается с помощью процессора P5600 MIPS.

Измерение массы продукта на автоматических весах осуществляется при помощи тензодатчика SBA (позиция 14а). Унифицированный токовый сигнал $4\div 20$ мА с датчика поступает на вход вторичного прибора в виде весового индикатора SH-50 (позиция 14б), который показывает массу смеси спецбитума и фенолоформальдегидных смол.

Далее унифицированный токовый сигнал с тензодатчика (позиция 14а) поступает на вход № 4 платы аналогового ввода TSXAEZ414–2 промышленного микроконтроллера TSX Micro, который обрабатывается с помощью процессора TSX Micro 3705/08, а также при помощи сетевого контроллера TSXETZ510 подается на промышленную рабочую станцию Baikal-T1 по сети Ethernet. Далее сигнал регистрируется на жестких магнитных дисках НЖМД, выводится на монитор ASUS VX239H и обрабатывается с помощью процессора P5600 MIPS.

Заключение

Разработанная функциональная схема автоматизации технологической линии производства резиновой смеси позволит получить продукт с показателями качества, соответствующими регламентированному уровню.

Литература

- 1 Земский Д.Н., Чиркова Ю.Н. Новые ингредиенты резиновых смесей // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 12. С. 143–145
- 2 Хлебных Л.В., Зубкова М.А., Саукова Т.Ю. Автоматизация производства в современном мире // Молодой ученый. 2017. № 16. С. 308–311.
- 3 Ицкович Э.Л. Проведение работ по автоматизации производства: что необходимо учитывать руководству предприятий технологических отраслей // Автоматизация в промышленности. 2017. № 1. С. 14–19.
- 4 Пичуев А.В., Трушников М.А. Разработка автоматизированной системы управления вулканизацией автомобильных покрышек // Молодой ученый. 2018. № 4. С. 36–38.
- 5 Кудряшов В.С., Алексеев М.В., Юдаков А.А., Попов А.П. и др. Разработка математической модели процесса резиносмешения и синтез корректирующего алгоритма управления температурным режимом процесса с использованием искусственной нейронной сети // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 2. С. 52–59.
- 6 Маслов В.Д., Сачков И.Н. Актуальные проблемы автоматизации в современном мире // Вестник науки и образования. 2019. № 2–1 (56). С. 48–50
- 7 Каблов В.Ф., Аксёнов В.И. Современные тенденции применения каучуков и наполнителей в рецептуре резин // Производство и использование эластомеров. 2018. № 3. С. 24–34.
- 8 Filatova N.N., Trebukhin A.G. General of decision rules for the design of functional circuits of automation system // News SFU. Technical science. 2014. № 11. P. 206–211.
- 9 Моногаров С. И. Автоматизированное управление экструзионной установкой // Международный научно-исследовательский журнал URL: <http://research-journal.org/technical/avtomatizirovannoe-upravlenie-ekstr/>
- 10 Ishmetyev E.N., Logunova O.S., Panov A.N., Cistyakov D.V. et al. Stationary automatic vibration control and analysis systems: application experience // Journal of Computational and Engineering Mathematics. 2017. V. 4. № 1. P. 3–15.

References

- 1 Zemsky D.N., Chirkova Y.N. New ingredients of rubber compounds. Bulletin of Kazan Technological University. 2014. no. 12. pp. 143–145 (in Russian).
- 2 Khlebenskiy L.V., Zubkova M.A., Saukova T.Yu. Automation of production in the modern world. Young Scientist. 2017. no. 16. pp. 308–311 (in Russian).
- 3 Itskovich E.L. Work on the automation of production: what is necessary to take into account the leadership of enterprises of technological sectors. Automation in industry. 2017. no. 1. pp. 14–19 (in Russian).
- 4 Pichuev A.V., Trushnikov M.A. Development of an automated control system for the vulcanization of automobile tires. Young Scientist. 2018. no. 4. pp. 36–38 (in Russian).
- 5 Kudryashov V.S., Alekseev M.V., Yudakov A.A., Popov A.P. et al. Development of a mathematical model of the process of rubber mixing and synthesis of a corrective algorithm for controlling the temperature mode of the process using an artificial neural network. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2016. no. 2. pp. 52–59. (in Russian).
- 6 Maslov V.D., Sachkov I.N. Actual problems of automation in the modern world. Bulletin of science and education. 2019. no. 2–1 (56). pp. 48–50. (in Russian).
- 7 Kablov V.F., Aksyonov V.I. Current trends in the use of rubbers and fillers in rubber compounding. Production and use of elastomers. 2018. no. 3. pp. 24–34. (in Russian).
- 8 Filatova N.N., Trebukhin A.G. General of decision rules for the design of functional circuits of automation system. News SFU. Technical science. 2014. no. 11. pp. 206–211.
- 9 Monogarov S.I. Automated control of the extrusion plant. International research journal. Available at: <http://research-journal.org/technical/avtomatizirovannoe-upravlenie-ekstr/> (in Russian).
- 10 Ishmetyev E.N., Logunova O.S., Panov A.N., Cistyakov D.V. et al. Stationary automatic vibration control and analysis systems: application experience. Journal of Computational and Engineering Mathematics. 2017. vol. 4. no. 1. pp. 3–15.

Сведения об авторах

Валерия С. Жиркова магистр, кафедра управления качеством и технологии водных биоресурсов, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, valeria_shishova@mail.ru

Наталья Л. Клейменова к.т.н., доцент, кафедра управления качеством и технологии водных биоресурсов, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, klesha78@list.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1462-4055>

Ольга П. Дворянинова д.т.н., профессор, кафедра управления качеством и технологии водных биоресурсов, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, olga-dvor@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7866-1883>

Людмила И. Назина к.т.н., доцент, кафедра управления качеством и технологии водных биоресурсов, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, nazina_lyudmila@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3865-9383>

Сергей В. Ершов к.т.н., доцент, кафедра управления качеством и технологии водных биоресурсов, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, yershovletters@mail.ru

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Valeria S. Zhirkova master student, quality management and technology of aquatic bioresources department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, valeria_shishova@mail.ru

Natalya L. Kleymenova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, quality management and technology of aquatic bioresources department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, klesha78@list.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1462-4055>

Olga P. Dvoryaninova Dr. Sci. (Engin.), professor, quality management and technology of aquatic bioresources department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, olga-dvor@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7866-1883>

Lyudmila I. Nazina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, quality management and technology of aquatic bioresources department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, nazina_lyudmila@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3865-9383>

Sergey V. Ershov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, quality management and technology of aquatic bioresources department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, yershovletters@mail.ru

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 02/08/2019	После редакции 17/08/2019	Принята в печать 27/08/2019
Received 02/08/2019	Accepted in revised 17/08/2019	Accepted 27/08/2019

Технология получения купрата бария-лантана

Сабухи И. Нифталиев	¹	sabukhi@gmail.com	 0000-0001-7887-3061
Лариса В. Лыгина	¹	llw000@yandex.ru	 0000-0002-8836-0689
Ирина В. Кузнецова	¹	kuznetsovaiv@mail.ru	
Екатерина А. Лопатина	¹	syper.lopatina@yandex.ru	

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

Аннотация. С помощью глицин-нитратной технологии получены наночастицы сложного оксида купрата бария-лантана, изучены его свойства. Согласно данным рентгенофазового анализа синтезированный образец является однофазным. Сложный оксид имеет структуру перовскита с пространственной группой Pmmm (47). Определены параметры кристаллической решетки, рассчитанные из дифрактограммы. Микроструктура полученных композиций определена с помощью сканирующей электронной микроскопии. Образец имеет пористую пенообразную микроструктуру, состоит из агрегатов, имеющих размер 15-98 нм. С помощью термического анализа было обнаружено, что на протяжении нагрева терялась масса образца (4,19%). Наибольшая потеря массы наблюдалась в интервале 318-372 °С, процесс сопровождался эндотермическим эффектом, что соответствовало потере связанной воды, которая сорбировалась в поры и вошла в структуру сложного оксида. Подтверждена возможность перовскитной слоистой структуры интеркалировать воду и ионы в межслоевое пространство, структура которой представляет собой «нанореактор» для дальнейших химических превращений. Энтальпия деинтерколяции соответствует 2,052 кДж/моль, это значение коррелирует со значениями энтальпий деинтерколяции для перовскитных структур (1,5-17,0 кДж/моль). Технология может быть применена для решения практических задач синтеза нанопорошков смешанных оксидов как импортозамещающих компонентов автомобильных катализаторов и перспективных керамических материалов с заданными функциональными свойствами.

Ключевые слова: сложные оксиды, купрат бария-лантана, глицин-нитратный метод, дифференциально-сканирующая калориметрия, элементный анализ

Technology of production of barium-lanthanum cuprate

Sabukhi I. Niftaliev	¹	sabukhi@gmail.com	 0000-0001-7887-3061
Larisa V. Lygina	¹	llw000@yandex.ru	 0000-0002-8836-0689
Irina V. Kuznetsova	¹	kuznetsovaiv@mail.ru	
Ekaterina A. Lopatina	¹	syper.lopatina@yandex.ru	

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. With the help of glycine-nitrate technology, nanoparticles of barium-lanthanum cuprate complex oxide were obtained and its properties were studied. According to x-ray phase analysis, the synthesized sample is single-phase. The complex oxide has a perovskite structure with the spatial group Pmmm (47). The parameters of the crystal lattice calculated from the diffractogram are determined. The microstructure of the obtained compositions was determined by scanning electron microscopy. The sample has a porous foam-like microstructure, consists of aggregates having a size of 15-98 nm. Using thermal analysis, it was found that during heating the mass of the sample was lost (4.19%). The greatest loss of mass is observed in the range 318-372 °C, the process is accompanied by an endothermic effect, which corresponds to the loss of bound water, which was sorbed into the pores and entered the structure of the complex oxide. The possibility of the perovskite layered structure to intercalate water and ions into the interlayer space, the structure of which is a "nanoreactor" for further chemical transformations, is confirmed. The enthalpy of deintercalation corresponds to 2.052 kJ/mol, this value correlates with the enthalpy values of deintercalation for perovskite structures (1.5-17.0 kJ/mol). The technology can be applied to solve practical problems of synthesis of nanopowders of mixed oxides as import-substituting components of automotive catalysts and promising ceramic materials with specified functional properties.

Keywords: complex oxides, barium-lanthanum cuprate, glycine-nitrate method, differential scanning calorimetry, elemental analysis

Введение

Решение практических задач синтеза нанопорошков сложных оксидов металлов в виде импортозамещающих компонентов автомобильных катализаторов и перспективных керамических материалов с заданными функциональными свойствами остается достаточно перспективным направлением в химической технологии. Купраты редкоземельных элементов могут использоваться в качестве катодных

материалов твердооксидных топливных элементов и обладать сверхпроводимостью [1]. Для сложных оксидов в системе $\text{La}_2\text{O}_3\text{--BaO--CuO}$ возможно образование различных анион-дефицитных перовскитных структур $\text{La}_{1-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_{3-\delta}$ ($0.2 \leq x \leq 0.4$) и $\text{La}_{1-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_{3-\delta}$ ($0.43 \leq x \leq 0.66$). В литературе эти структуры получили цифровые обозначения 415 и 336, что показывает соотношение катионов металлов в этих оксидах [2].

Для цитирования

Нифталиев С.И., Лыгина Л.В., Кузнецова И.В., Лопатина Е.А. Технология получения купрата бария-лантана // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 231–235. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-231-235

For citation

Niftaliev S.I., Lygina L.V., Kuznetsova I.V., Lopatina E.A. Technology of production of barium-lanthanum cuprate. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 231–235. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-231-235

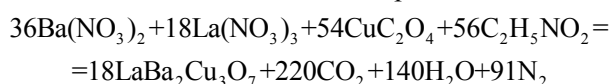
В работе [3] синтезирован и исследован перспективный сверхпроводящий наноматериал $\text{LaBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$. Авторы отметили необходимость развития различных методов синтеза данной керамики для получения материалов с заданными свойствами и способностью генерировать сильные токи в магнитных полях.

В последнее время активно развивается метод растворного горения, и, в частности, глицин-нитратный синтез [4], который позволяет получать оксидные вещества в форме пористых пенообразных малоагломерированных композиций.

Цель работы – синтез наноструктурного сложного оксида в виде купрата бария-лантана глицин-нитратным методом и исследование его свойств.

Материалы и методы

В качестве исходных реагентов были использованы нитраты лантана, бария – $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (х. ч.), $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (х. ч.), оксалат меди CuC_2O_4 (х. ч.) и глицин – $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$ (х. ч.), которые были взяты в стехиометрическом соотношении согласно реакции:



Синтез $\text{LaBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ осуществляли по схеме (рисунок 1).

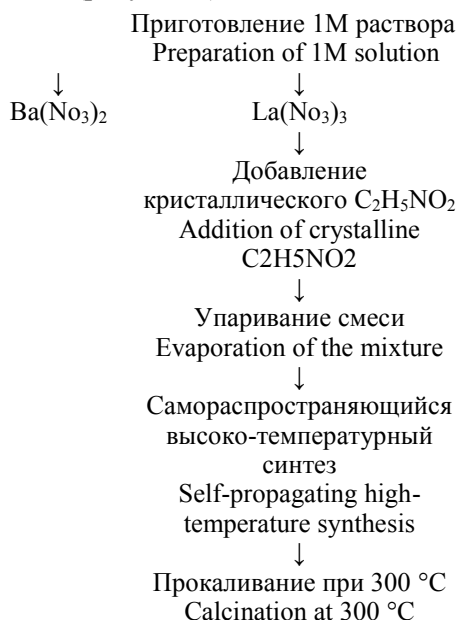


Рисунок 1. Технологическая схема получения купрата бария-лантана

Figure 1. Technological scheme of obtaining barium-lanthanum cuprate

Взятые в выбранном соотношении исходные реагенты растворялись в дистиллированной воде при интенсивном перемешивании. Растворы солей металлов смешивали между собой

и медленно добавляли в раствор кристаллический глицин. Смесь упаривали. После испарения избытка воды реакционная смесь переходит в гомогенную вязкую жидкость. При дальнейшем нагревании смесь самовоспламеняется с образованием коричневого высокопористого вещества. Газообразными продуктами реакции являются углекислый газ, азот и пары воды (реакция (1)).

Фазовый состав оксида исследовали методом рентгеновской дифрактометрии в геометрии Брегга–Брентано с использованием $\text{CuK}\alpha$ -излучения на рентгеновском дифрактометре ARL X'TRA (ThermoScientific, Швейцария). Дифрактограммы получали с приповерхностного слоя (~15 мкм). Дискриминация неупруго рассеянного излучения осуществлялась полупроводниковым энергодисперсионным детектором с разрешением 250 эВ и охладителем на элементах Пельтье.

Микроструктуру полученных композиций определяли с помощью сканирующей электронной микроскопии (JSM-6380LV, в режиме вторичных электронов).

Термический анализ проводили на приборе синхронного термического анализа STA 449 F3, Jupiter NETZSCH в алюминиевых тиглях. Образец нагревали до 450 °С в атмосфере аргона (скорость нагревания 10 К/мин).

Результаты и обсуждение

Сложный оксид купрата бария-лантана, полученный глицин-нитратным методом, исследовали методом рентгенофазового анализа, который позволяет идентифицировать фазовый состав образца и установить его чистоту (базы данных Power Diffraction File). Согласно данным рентгенофазового анализа синтезированный $\text{LaBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ является однофазным и не содержит примесных фаз (рисунок 2).

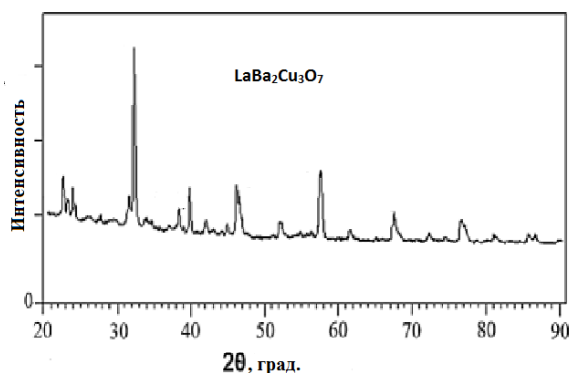


Рисунок 2. Результаты рентгенофазового анализа

Figure 2. X-ray phase analysis results

Сложный оксид имеет структуру перовскита с пространственной группой Pmmm (47). Параметры кристаллической решетки, рассчитанные из дифрактограммы, представлены в таблице 1.

Таблица 1.
Структурные параметры соединения $\text{LaBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$

Table 1.

The structural parameters

Соединение	Структурные параметры, Å (база данных) structural parameters	Структурные параметры, Å (синтезированное соединение) structural parameters
$\text{LaBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$	$a = 3,925$; $b = 3,934$; $c = 11,707$	$a = 3,925$; $b = 3,934$; $c = 14,503$

Расчеты параметров синтезированного образца показали увеличение параметра c с 11,707 до 14,503 Å, параметры a и b при этом не изменились. Как правило, это является признаком увеличения межслоевого расстояния, что обычно происходит при интеркалировании воды или других молекул.

На рисунке 3 показаны продукты глицин-нитратного синтеза. Образец имеет пористую пенообразную микроструктуру, состоит из агрегатов, имеющих размер 15–98 нм. В составе сложного оксида по данным элементного анализа (рисунок 4) присутствуют La, Ba, Cu, O. Углерод, часто присутствующий на поверхности вещества, полученного глицин-нитратным методом, не обнаружен.

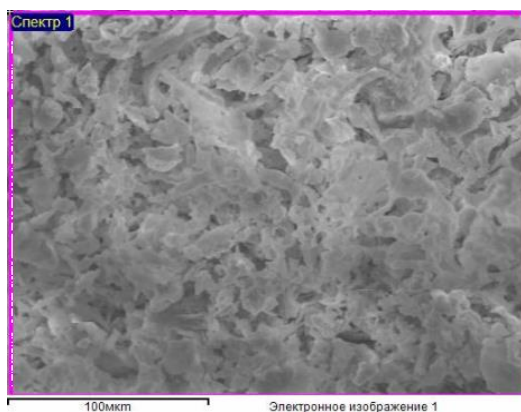


Рисунок 3. Анализируемый участок в контрасте рентгеновского излучения

Figure 3. Analyzed area in x-ray contrast

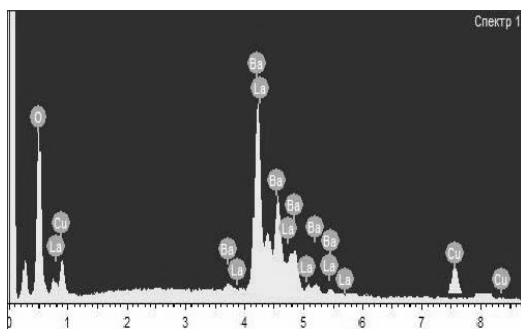


Рисунок 4. Спектр характеристического рентгеновского излучения синтезируемого образца

Figure 4. Spectrum of characteristic x-ray radiation of the synthesized sample

Помимо основного процесса – формирования сложного оксида, по данным [4, 6] в ходе глицин-нитратного синтеза протекают физико-химические процессы, связанные с взаимодействием газообразных и твердофазных продуктов горения. Например, авторами [6] методом ИК-спектроскопии в составе конечного продукта глицин-нитратного синтеза феррата гадолиния были обнаружены: сорбированная вода, углекислый газ, угарный газ, непрореагировавшие нитрат-группы.

При исследовании нашего синтезированного образца методом сканирующей калориметрии и термогравиметрии (рисунок 5) было обнаружено, что на протяжении нагрева в интервале 25–450 °C терялась масса образца (общая потеря массы 4,19%). Наибольшая потеря массы наблюдалась в интервале 318–372 °C, это сопровождалась эндотермическим эффектом, возможно, этот эффект соответствует потере связанной воды, которая образовалась в результате реакции (1), сорбировалась в поры и вошла в структуру сложного оксида $\text{LaBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-n}\text{H}_2\text{O}$.

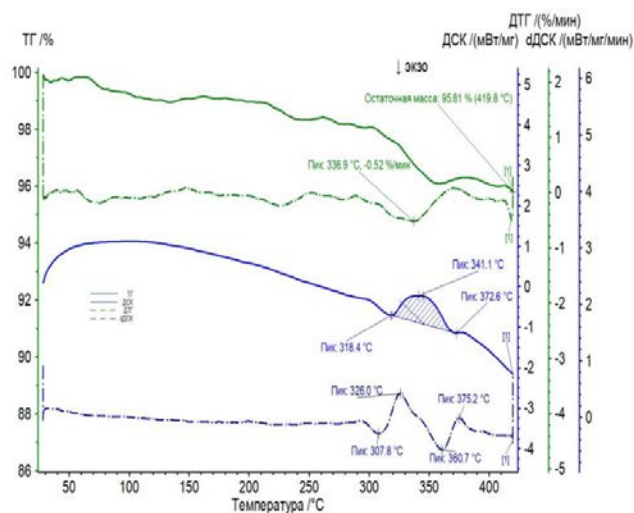
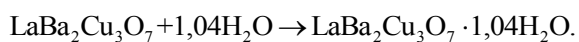


Рисунок 5. Термограмма синтезированного образца $\text{LaBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$

Figure 5. Thermogram of the synthesized sample $\text{LaBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$

Свободная влага из пор соединения обычно выделяется до 100 °C. Температурный интервал потери массы 318–372 °C говорит о выделении связанной влаги. Возможности перовскитной слоистой структуры интеркалировать воду и ионы в межслоевое пространство обсуждаются в литературе в последнее время [7]. Процесс интеркаляции не приводит к значимым структурным изменениям и характеризуется только увеличением линейных размеров в направлении, перпендикулярном к плоскости слоев, расширение слоев дает возможность протеканию процессов ионного обмена и внедрению других атомов в межслоевое пространство,

что, несомненно, меняет функциональные свойства материалов. Структура межслоевого пространства в данном случае представляет собой «нанореактор» для дальнейших химических превращений. Рассчитанная из данных ТГ степень замещения равняется 100%, количество интеркалированной воды – 1,04 моль. Формулу фазы, полученной при интеркаляции воды, можно записать $\text{LaBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-1,04}\text{H}_2\text{O}$. Процесс интеркаляции воды в межслоевое пространство сложного оксида выражается следующим уравнением:



При нагревании реакция протекает в обратном направлении. Энтальпия деинтеркаляции соответствует 2,052 кДж/моль, это значение коррелирует со значениями энтальпий деинтеркаляции для перовскитных структур (1,5–17,0 кДж/моль) [7].

Заключение

С использованием глицин-нитратной технологии синтезирован сложный оксид, купрат бария-лантана. Составлены технологическая схема и уравнения реакции получения сложного оксида купрата лантана бария.

Согласно данным рентгенофазового анализа синтезированный образец купрата лантана бария является однофазным и не содержит примесных фаз. Сложный оксид имеет структуру перовскита с пространственной группой Pmmm (47). Рассчитаны параметры кристаллической решетки. Повышенное значение параметра c подтвердило интеркаляцию воды в пространство между слоями. Микроструктура полученных композиций определена с помощью сканирующей электронной микроскопии. Образец имеет пористую пенообразную микроструктуру, состоит из агрегатов, имеющих размер 15–98 нм. Потеря массы при нагревании синтезированного образца 4,19%. Наибольшая потеря массы сопровождается эндотермическим эффектом, что соответствует потере связанной воды, которая вошла в пространство между слоями сложного оксида. Определена формула фазы, полученной при интеркаляции воды: $\text{LaBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-1,04}\text{H}_2\text{O}$, рассчитана энтальпия процесса 2,052 кДж/моль. Подтверждена возможность перовскитной слоистой структуры интеркалировать воду в межслоевое пространство.

Литература

- 1 Gao Z., Moggi L.V., Miller E.C., Railsback J.G. et al. Perspective on low-temperature solid oxide fuel cells // *Energy Environ. Sci.* 2016. V. 9. P. 1602–1644. doi: 10.1039/C5EE03858H
- 2 Lindemer T.B., Specht E.D., MacDougall C.S., Taylor G.M. et al. Nonstoichiometry and decomposition of $\text{La}_{1+z}\text{Ba}_{2-z}\text{Cu}_3\text{O}_y$ and $\text{La}_4\text{BaCu}_5\text{O}_{13-w}$ // *Phys. C.: Superconductivity*. 1993. V. 216. P. 99–110. doi: 10.1016/0921-4534(93)90639-8
- 3 Yip T.W.S., Cussen E.J. Ion Exchange and Structural Aging in the Layered Perovskite Phases // *Inorg. Chem.* 2013. V. 52. P. 6985–6993.
- 4 Rivera A.M.M., Cuaspid J.A.G., Vargas C.A.P., Ramirez M.H.B. Synthesis and Characterization of $\text{LaBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ System by Combustion Technique // *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism*. 2016. V. 29. P. 1163–1171. doi: 10.1007/s10948-015-3311-3
- 5 Ларин В.К., Кондаков В.М. Глицин-нитратный способ получения ультрадисперсных (нано-) порошков оксидов металлов и перспективные направления их применения // *Известия вузов. Цветная металлургия*. 2003. № 8. С. 59–64.
- 6 Гимаздинова М., Тугова Е.А., Томкович М.В., Попков В.И. Получение нанокристаллов GdFeO_3 методом глицин-нитратного горения // *Конденсированные среды и межфазные границы*. 2016. Т. 18. № 3. С. 422–431.
- 7 Silyukov O., Chislov M., Burovikhina A., Utkina T. et al. Thermogravimetry study of ion exchange and hydration in layered oxide materials // *J. Therm. Anal. Calorim.* 2012. V. 110. № 1. P. 187–192.
- 8 Raghvendra P.S. Electrical conductivity of YSZ-SDC composite solid electrolyte synthesized via glycine-nitrate method // *Ceramics International*. 2017. V. 43. № 15. P. 11692–11698.
- 9 Komova O.V., Simagina V.I., Mukha S.A., Netskina O.V. et al. A modified glycine-nitrate combustion method for one-step synthesis of LaFeO_3 // *Advanced Powder Technology*. 2016. V. 27. № 2. P. 496–503.
- 10 Martinson K.D., Kondrashkova I.S., Popkov V.I. Synthesis of EuFeO_3 nanocrystals by glycine-nitrate combustion method // *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2017. V. 90. № 8. P. 1214–1218.

References

- 1 Gao Z., Moggi L.V., Miller E.C., Railsback J.G. et al. Perspective on low-temperature solid oxide fuel cells. *Energy Environ. Sci.* 2016. vol. 9. pp. 1602–1644. doi: 10.1039/C5EE03858H
- 2 Lindemer T.B., Specht E.D., MacDougall C.S., Taylor G.M. et al. Nonstoichiometry and decomposition of $\text{La}_{1+z}\text{Ba}_{2-z}\text{Cu}_3\text{O}_y$ and $\text{La}_4\text{BaCu}_5\text{O}_{13-w}$. *Phys. C.: Superconductivity*. 1993. vol. 216. pp. 99–110. doi: 10.1016/0921-4534(93)90639-8
- 3 Yip T.W.S., Cussen E.J. Ion Exchange and Structural Aging in the Layered Perovskite Phases. *Inorg. Chem.* 2013. vol. 52. pp. 6985–6993.
- 4 Rivera A.M.M., Cuaspid J.A.G., Vargas C.A.P., Ramirez M.H.B. Synthesis and Characterization of $\text{LaBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ System by Combustion Technique. *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism*. 2016. vol. 29. pp. 1163–1171. doi: 10.1007/s10948-015-3311-3.

- 5 Larin V.K., Kondakov V.M. Glycine-nitrate method for producing ultrafine (nano-) powders of metal oxides and promising areas of their application. News of universities. Non-ferrous metallurgy. 2003. no. 8. pp. 59–64. (in Russian).
- 6 Gimaztdinova M., Tugova E.A., Tomkovich M.V., Popkov V.I. Preparation of GdFeO₃ Nanocrystals by Glycine-Nitrate Combustion. Condensed Matter and Interphase Boundaries. 2016. vol. 18. no. 3. pp. 422–431. (in Russian).
- 7 Silyukov O., Chislov M., Burovikhina A., Utkina T. et al. Thermogravimetry study of ion exchange and hydration in layered oxide materials. J. Therm. Anal. Calorim. 2012. vol. 110. no. 1. pp. 187–192.
- 8 Raghvendra P.S. Electrical conductivity of YSZ-SDC composite solid electrolyte synthesized via glycine-nitrate method. Ceramics International. 2017. vol. 43. no. 15. pp. 11692–11698.
- 9 Komova O.V., Simagina V.I., Mukha S.A., Netskina O.V. et al. A modified glycine–nitrate combustion method for one-step synthesis of LaFeO₃. Advanced Powder Technology. 2016. vol. 27. no. 2. pp. 496–503.
- 10 Martinson K.D., Kondrashkova I.S., Popkov V.I. Synthesis of EuFeO₃ nanocrystals by glycine-nitrate combustion method. Russian Journal of Applied Chemistry. 2017. vol. 90. no. 8. pp. 1214–1218.

Сведения об авторах

Сабухи И. Нифталиев д.х.н., профессор, кафедра неорганической химии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, sabukhi@gmail.com
 <https://orcid.org/0000-0001-7887-3061>

Лариса В. Лыгина к.т.н., доцент, кафедра неорганической химии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, llw000@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-8836-0689>

Ирина В. Кузнецова к.т.н., кафедра неорганической химии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kuznetsovaiv@mail.ru

Екатерина А. Лопатина студент, кафедра неорганической химии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, syper.lopatina@yandex.ru

Information about authors

Sabukhi I. Niftaliev Dr. Sci. (Chem.), professor, inorganic chemistry and chemical technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, sabukhi@gmail.com
 <https://orcid.org/0000-0001-7887-3061>

Larisa V. Lygina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, inorganic chemistry and chemical technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, llw000@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-8836-0689>

Irina V. Kuznetsova Cand. Sci. (Engin.), inorganic chemistry and chemical technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kuznetsovaiv@mail.ru

Ekaterina A. Lopatina student, inorganic chemistry and chemical technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, syper.lopatina@yandex.ru

Вклад авторов

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

Contribution

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 05/08/2019	После редакции 23/08/2019	Принята в печать 04/09/2019
Received 05/08/2019	Accepted in revised 23/08/2019	Accepted 04/09/2019

Аналитические возможности систем искусственного обоняния и вкуса. Часть 1. «Электронные носы»

Лариса Б. Новикова¹ larisa-alina@ya.ru  0000-0001-7812-9195

Татьяна А. Кучменко¹ tak1907@mail.ru  0000-0002-9372-8038

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

Аннотация. В первой части аналитического обзора представлены основные направления применения современных мультисенсорных систем типа «электронный нос». Обзор составлен по итогам зонтичного поиска информации по заданным словам и словосочетаниям. Зонтичный поиск показал свою эффективность для систематизации публикаций в выбранной области, снижения числа повторяющихся ссылок, не имеющих отношения к теме поиска. Поиск проведен по электронным каталогам российских и международных поисковых систем. Прослеживается тенденция роста интереса к выбранной тематике за последние 10 лет. Отмечаются традиционные для систем искусственного обоняния направления исследований. После некоторого спада в 2005–2010 гг. растет доля работ по решению задач улучшения качества и повышения безопасности во всех отраслях деятельности человека, включая пищевую промышленность, сельское хозяйство, экологию. Систематизированы некоторые решения в области анализа пищевых продуктов, сырья, готовых изделий. Обсуждается новое направление исследований с применением систем «электронный нос» на основе сенсоров разного типа действия. Таким направлением является медицина, при этом отмечается значительный прорыв в интенсивности применения ЭН в медицинской практике для развития неинвазивных методов диагностики. Положительными свойствами таких приборов и подходов являются малое время исследования, минимальные пробоподготовка и восстановление системы после измерения, а также малая масса/объем пробы, возможность неинвазивной диагностики. Наиболее часто публикуются исследования по результатам применения таких систем в анализе биопроб, особенно интересна неинвазивная диагностика. Среди диагностируемых лидируют направления онкологические, гинекологические, психиатрические. Однако появляются единичные публикации и по решению задач в педиатрии, стоматологии, эндокринологии и другие.

Ключевые слова: электронный нос, мультисенсорные системы, экспресс-диагностика

The analytical capabilities of the systems of artificial sense of smell and taste. Part 1. “Electronic nose”

Larisa B. Novikova¹ larisa-alina@ya.ru  0000-0001-7812-9195

Tatiana A. Kuchmenko¹ tak1907@mail.ru  0000-0002-9372-8038

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The first part of the analytical review presents the main directions of application of modern Multisensor systems such as "electronic nose". The review is based on the results of the umbrella search for information on the given words and phrases. Umbrella search has shown its effectiveness in organizing publications in the selected area, reducing the number of repetitive links and unrelated to the topic of the search. The search was carried out on the electronic catalogs of Russian and international search engines. The tendency of growth of interest to the chosen subject for the last 10 years is traced. Traditional research directions for artificial smell systems are noted. After a slight decline in 2005–2010, the share of work to address the challenges of improving quality and safety in all sectors of human activity, including the food industry, agriculture and the environment, is growing. Some solutions in the field of analysis of food products, raw materials, finished products are systematized. A new direction of research using "electronic nose" systems based on sensors of different types of action is discussed. This direction is medicine, while there is a significant breakthrough in the intensity of the use of EN in medical practice for the development of non-invasive diagnostic methods. The positive properties of such devices and approaches are a short study time, minimal sample preparation and recovery of the system after measurement, as well as a small mass/volume of the sample, the possibility of non-invasive diagnosis. The most frequently published research on the results of the use of such systems in the analysis of bioassays, especially interesting non-invasive diagnosis. Among the diagnosed lead direction oncological, gynecological, psychiatric. However, there are single publications and to solve problems in Pediatrics, dentistry, endocrinology and others.

Keywords: e-nose, multi-sensor system, rapid diagnosis

Введение

За сравнительно небольшой период времени системы искусственного обоняния, основанные на идее о том, что массивы газовых сенсоров могут имитировать естественное

(человеческое) обоняние для идентификации и распознавания запахов, прошли эволюцию от простейших химических сенсоров до создания и применения мультисенсорных систем электронного типа. Исследования в области

Для цитирования

Новикова Л.Б., Кучменко Т.А. Аналитические возможности систем искусственного обоняния и вкуса. Часть 1. «Электронные носы» // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 236–241. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-236-241

For citation

Novikova L.B., Kuchmenko T.A. The analytical capabilities of the systems of artificial sense of smell and taste. Part 1. “Electronic nose”. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 236–241. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-236-241

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

«электронный нос» (ЭН) ведутся не менее 50 лет и достигли значительного прогресса. Более 40 лет основными сферами применения систем искусственного обоняния были пищевые технологии, безопасность и экология. Создание новых материалов, развитие IT-технологий, миниатюризация аналитических приборов открывают новые возможности и для мульти-сенсорных систем.

Цель исследования – систематизация и установление приоритетных актуальных направлений исследования с применением систем «электронный нос».

Материалы и методы

Наиболее эффективным приемом решения задач анализа публикаций, новых направлений исследования и технического развития по выбранному направлению является систематический поиск по сочетанию слов. Для поиска применяются открытые системы накопления научной и технической информации как российские, так и зарубежные (eLIBRARY, базы Роспатента, Elsevier и др.) В качестве ключевых слов выбраны «мультисенсорные системы», «анализ, сенсоры, электронный нос, пищевые продукты, экологический мониторинг, технологические процессы». Поиск по отдельным ключевым словам неэффективен, хотя и наиболее полный. Однако приводит к накоплению повторяющихся публикаций, не относящихся к теме поиска. Поэтому наиболее эффективен подход «зонтичного» поиска, который проводится по словосочетаниям или предложениям, например, «сенсоры в анализе пищи», «электронный нос в экомониторинге» и т. д. Такой подход практически исключает повторы, позволяет получить более соответствующий цели материал, уменьшить ссылки на информацию из других направлений исследования. Проведен поиск и систематизация публикаций в открытой печати за период 2009–2018 гг. по разработке и применению сенсорных систем типа ЭН для определения органических и неорганических соединения в различных объектах: пищевых продуктах, фармацевтических и парфюмерных препаратах, биологических образцах, объектах окружающей среды, а также высокотоксичных газовых выбросах.

Результаты и их обсуждение

«Электронный нос» – это мультисенсорная система, сочетающая массив селективных / неселективных сенсоров, характеризующихся «перекрестной» чувствительностью и «обученных» для распознавания образов широкого набора анализируемых смесей паров и газов. Современные устройства «электронный нос»

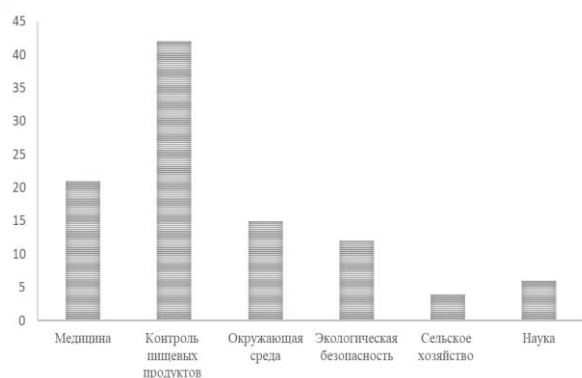
могут обеспечить селективные детектирования отдельных газов с предельно низкими концентрациями при наличии набора неселективных сенсоров, что отличает их от традиционных сенсорных систем [1]. Первые существенные изменения как самих приборов, так и сфер их применения связаны с развитием нанотехнологий. Реализация систем типа ЭН возможна благодаря современным технологиям нанoeлектроники и создания наноматериалов: нанопроволокон, нанотрубок как элементов преобразователя, обеспечивающих высокую чувствительность био/химсенсоров. Нанотехнологии служат инструментом для создания новых сенсорных материалов, а развитие печатных технологий позволяет производить дешевые, тонкие, прозрачные, легкодеформируемые, биосовместимые и даже растворяющиеся со временем электронные устройства для мониторинга внешних воздействий и обработки полученной информации [2]. Развиваются и подходы для обработки аналитического сигнала. Для этого используются методы обработки многопараметрической информации: частичных наименьших квадратов, анализ главных компонент, регрессия главных компонент, искусственные нейронные сети (ИНС), хемометрические методы и другие варианты распознавания образцов. Подбор программного обеспечения для обработки данных сенсорной системы типа «электронный нос» способствует получению высокоточных результатов.

Наиболее часто в ЭН используются следующие типы сенсоров: металлооксидные, пьезокварцевые кристаллические, поверхностные акустические волновые, оптические сенсоры, а также сенсоры на основе проводящих полимеров, работающие на различных физических принципах – электропроводность, приращение массы, флуоресценция и др.

В обзоре [3] большое внимание уделено сравнению принципов работы сенсорных систем типа «электронный нос» в анализе жидких и газовых сред с традиционными методами химического анализа (хроматографического, кондуктометрического, потенциометрического, органолептического). В статье анализируются аналитические возможности определения токсичных веществ в воздушной среде при их малой концентрации методом мультисенсорной инверсионной вольтамперометрии в формате «электронный нос». Преимуществами сенсорного анализа типа «электронный нос» является высокая стабильность рабочих характеристик сенсоров, минимальное количество стадий аналитического процесса, малое время проведения анализа, что важно для обеспечения режима мониторинга.

Характеристика «электронного носа» во многом зависит от сенсорной части устройства. Используют различные способы детекции газов. Наиболее чувствительными сенсорами сорбционного типа в системах «электронный нос» являются пьезокварцевые высокочастотные микровесы с пределом детектирования 10^{-15} г. Такие ЭН пьезосорбционного типа нашли применение в анализе проб сложного переменного состава. В обзоре [4] рассмотрен метод обнаружения ионов наиболее распространенных тяжелых металлов с помощью оптических молекулярных детекторов.

За последние 10 лет в электронных каталогах научных статей было издано более 4000 публикаций с ключевым словосочетанием ЭН, которые используются во многих областях, но необходимо подчеркнуть важность по основным сферам их применения (рисунок 1).



Medicine|Food control|Environment|Agriculture|Science

Рисунок 1. Области и частота применения мультисенсорных систем типа «электронный нос», %
Figure 1. Areas and frequency of application of Multisensor systems such as "electronic nose", %

Рассмотрим особенности применения ЭН в указанный период. Применяют газовые мультисенсорные системы для изучения свойств тонких пленок и материалов, адсорбции [5] высокой чувствительностью прямого взвешивания сорбатов. Доказано, что сенсорные структуры на основе тонких пленок диоксида олова обладают высокой газочувствительностью и совокупностью параметров (быстродействие, стабильность характеристик, долговечность и др.), обеспечивающей возможность их практического применения в составе газоанализирующих приборов и системах распознавания сложных газовых смесей типа «электронный нос» [6].

Традиционно большое внимание системы «электронный нос» уделяют для решения задач анализа пищевых продуктов. Активно применяют

промышленные «электронные носы» марок FOX400 [7], GFR [8] и MAG-8 для решения задач установления порчи молока, мяса [9], анализа свежести круп [10], оценки качества вина [11], пива [12], определения сортовой принадлежности чая, кофе [13], масел [14], в фармацевтической промышленности, для анализа объектов окружающей среды и экологической безопасности [15], в сельском хозяйстве. В приведенных публикациях рассмотрено применение массивов сенсоров типа «электронный нос» для определения органических и неорганических соединений. Так, в работе [16] использовался массив из 8 сенсоров, модифицированный тонкими пленками сорбентов с различной полярностью и перекрестной чувствительностью к определяемым соединениям. В работе [17] проводили определение синтетических красителей с помощью пьезоэлектрических сенсоров на основе полимеров с молекулярными отпечатками (ПМО). Достоверность полученных результатов подтверждается сравнением со стандартными методиками (спектрофотометрия, тонкослойная хроматография) [17], традиционной органолептической оценкой [18].

По-прежнему приоритетной областью применения ЭН остается анализ пищевых продуктов, однако значительный интерес к этим системам проявляется в области медицины. За последние 10 лет произошел значительный прорыв в применении ЭН в медицине, что отражает динамика публикационной активности по этой тематике (рисунок 2).

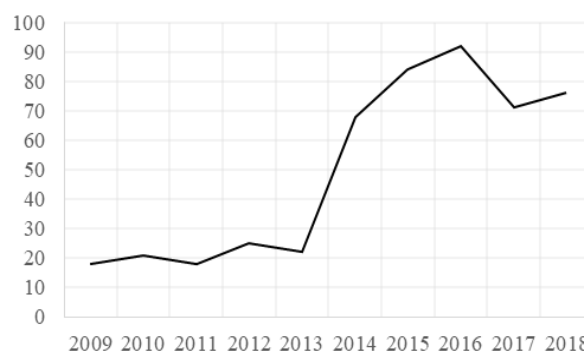


Рисунок 2. Применение ЭН в медицинской практике с 2009 по 2018 гг.

Figure 2. Using EN in medical practice. 2009–2018

Задачи, которые решаются в медицине с помощью мультисенсорных систем, в основном предполагают диагностические решения. На рисунке 3 показана эффективность применения таких систем в медицинской практике.



Рисунок 3. Основные медицинские специальности, в которых применяется ЭН

Figure 3. The main medical specialties in which EN is applied

Наиболее перспективным направлением является внедрение в медицинскую практику современной и качественной диагностики заболеваний, которая является основой грамотного высококвалифицированного подхода к последующему лечению пациентов различного нозологического профиля [19]. Следует отметить, что инфекционные заболевания, злокачественные новообразования часто ассоциированы с метаболическими изменениями в организме, поэтому развиваются неинвазивные методы экспресс-диагностики и создаются портативные

подручные диагностические аппараты для практикующих врачей [20].

В настоящее время с помощью анализа выдыхаемого воздуха можно диагностировать заболевания бронхолегочной системы (ХОБЛ, бронхиальная астма), пищеварительной системы (гепатит, цирроз печени, колит), проводить неинвазивный контроль состояния здоровья и работоспособности человека, скрининг заболеваний по биопробам образцов сыворотки крови, заболеваний ИППП по составу равновесной газовой фазы над цервикальной слизью в формате «электронный нос».

Заключение

Сенсорная техника направлена не только на замену традиционных аналитических методов, но и раскрывает перспективы создания устройств для экспресс-метода определения компонентов в режиме реального времени. «Электронные носы» развиваются несмотря на скепсис и не понимание со стороны традиционных методов газового анализа. Наиболее широко системы с искусственным интеллектом применяются для решения задач пищевого анализа. Возросший интерес в последние 5 лет к этим системам и приборам проявляет медицинская диагностика, что связано с экономичностью, доступностью, возможностью неинвазивной диагностики. Особенно актуальны разработки в педиатрии: экспрессивность и точность измерения низких концентраций биомаркеров. Перспективными являются решения проблем идентификации запахов и строение «электронного носа» на базе нейронных сетей, а также расширение аналитических возможностей гибридных сенсорных массивов. Дальнейшее развитие направления по формированию интегрального «образа» объекта – получение информации об образце по некоторой части его свойств, с применением системы детекторов неселективных, перекрестно чувствительных к некоторым компонентам пробы.

Литература

- 1 Крылов В.В. Навигация в пространстве запахов с помощью мультисенсорного электронного носа // Датчики и системы. 2016. № 6. С. 3–13.
- 2 Бессонов А.А., Кирикова М.Н. Гибкие и печатаемые сенсоры // Российские нанотехнологии. 2015. Т. 10. № 3–4. С. 4–15.
- 3 Ганшин В.М., Доронин А.Н., Луковцев В.П., Луковцева Н.В. и др. Электрохимический датчик для интегрального определения токсичных веществ в формате «электронный нос» в режиме мониторинга // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Естественные науки. 2017. № 4 (73). С. 100–108.
- 4 Углов А.Н., Аверин А.Д., Белецкая И.П. Оптические методы обнаружения ионов тяжелых металлов // Успехи химии. 2014. Т. 83. № 3. С. 196–224.
- 5 Кечкина Н.И., Зубков И.Л. Газоаналитические системы на основе твердотельных сенсоров // Инженерный вестник Дона. 2017. № 2 (45). С. 22.
- 6 Симаков В.В., Никитина Л.В., Синев И.В. Аппаратно-программный комплекс многопараметрического распознавания многокомпонентных газовых смесей на основе мультисенсорных микросистем // Башкирский химический журнал. 2010. Т. 17. № 5. С. 125–127.

- 7 Давыдова Р. Что нового в мире сенсорики! // Мясные технологии. 2013 № 3 (123). С. 58–59.
- 8 Moyano D.F., Rotello V.M. Nanoparticle-GFP “Chemical Nose” Sensor for Cancer Cell Identification // *Cellular and Subcellular Nanotechnology*. P. 1–8.
- 9 Чернуха И.М., Кузнецова Т.Г., Селиванова Е.Б., Богданова А.В. Контроль качества мяса с использованием мультисенсорной системы // *Мясная индустрия*. 2010. № 1. С. 20–22.
- 10 Мاستихина А.Л., Семенова Е.А., Сумелиди Ю.О., Белецкий С.Л. и др. Изучение возможности применения мультисенсорной системы vocmeter для анализа свежести гречневой крупы // *Биотехносфера*. 2013. № 3 (27). С. 35–37.
- 11 Yu H., Dai X., Yao G., Xiao Z. Application of Gas Chromatography-Based Electronic Nose for Classification of Chinese Rice Wine by Wine Age // *Food Analytical Methods*. 2014. V. 7. P. 1489–1497.
- 12 Vera L., Aceña L., Guasch J., Boqué R. et al. Characterization and classification of the aroma of beer samples by means of an MS e-nose and chemometric tools // *Anal. Bioanal. Chem.* 2011. V. 399 № 10. P. 3633–3634. doi: 10.1007/s00216-010-4343-y
- 13 Острикова Е.А., Шевцов А.А., Шацкий В.П. Анализ аромата кофейных напитков специального назначения с использованием массчувствительного «электронного носа» // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2014. № 1–2 (40–41). С. 182–189.
- 14 Kadiroğlu P., Korel F. Chemometric studies on zNose™ and machine vision technologies for discrimination of commercial extra virgin olive oils // *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2015. V. 92. № 9. P. 1235–1242.
- 15 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.
- 16 Кочетова Ж.Ю., Кучменко Т.А., Карлов П.А., Тимошинов О.В. Применение восьмисенсорного “электронного носа” для оценки загрязнения воды керосином и ацетоном // *Успехи современного естествознания*. 2017. № 11. С. 12–17.
- 17 Хальзова С.А., Кривоносова Д.А., Зяблов А.Н., Дуванова О.В. Определение синтетических красителей E102, E10, E122 и E124 в безалкогольных напитках модифицированных пьезосенсорами // *Аналитика и контроль*. 2017. Т. 21. № 2. С. 85–92.
- 18 Aceña L., Vera L., Guasch J. Chemical characterization of commercial Sherry vinegar aroma by headspace solidphase microextraction and gas chromatography olfactometry // *Agric Food Chem.* 2011. V. 59. № 8. P. 4062–4070.
- 19 Агейкин А.В., Колесова Е.В., Пронин И.А., Темников В.А. «электронный нос» как прорыв в неинвазивной диагностике заболеваний // *Молодой ученый*. 2015. № 23 (103). С. 308–309.
- 20 Синицына О.В., Мешков Г.Б., Яминский И.В. «Электронный нос» для медицинских приложений: поиск новых материалов для сенсорных элементов // *Медицина и высокие технологии*. 2016. № 2. С. 40–44.

References

- 1 Krylov V.V. Navigation in the space of odors using a multi-sensory electronic nose. *Sensors and Systems*. 2016. no. 6. pp. 3–13. (in Russian).
- 2 Bessonov A.A., Kirikova M.N. Flexible and printable sensors. *Russian Nanotechnology*. 2015. vol. 10. no. 3–4. pp. 4–15. (in Russian).
- 3 Ganshin V.M., Doronin A.N., Lukovtsev V.P., Lukovtseva N.V. et al. Electrochemical sensor for integrated determination of toxic substances in electronic nose format in monitoring mode. *Bulletin of Moscow State Technical University. N.E. Bauman. Series: Natural Sciences*. 2017. no. 4 (73). pp. 100–108. (in Russian).
- 4 Angles A.N., Averin A.D., Beletskaya I.P. Optical methods for the detection of heavy metal ions. *Uspekhi khimii*. 2014. vol. 83. no. 3. pp. 196–224. (in Russian).
- 5 Kechkina N.I., Zubkov I.L. Gas analytical systems based on solid-state sensors. *Engineering Bulletin of the Don*. 2017. no. 2 (45). pp. 22. (in Russian).
- 6 Simakov V.V., Nikitina L.V., Sinev I.V. Hardware-software complex for multi-parameter recognition of multi-component gas mixtures based on multi-sensor microsystems. *Bashkir Chemical Journal*. 2010. vol. 17. no. 5. pp. 125–127. (in Russian).
- 7 Davydova R. What's new in the world of sensory! *Meat technology*. 2013 no. 3 (123). pp. 58–59. (in Russian).
- 8 Moyano D.F., Rotello V.M. Nanoparticle-GFP “Chemical Nose” Sensor for Cancer Cell Identification. *Cellular and Subcellular Nanotechnology*. pp. 1–8.
- 9 Chernukha I.M., Kuznetsova T.G., Selivanova E.B., Bogdanova A.V. Meat quality control using a multisensory system. *Meat industry*. 2010. no. 1. pp. 20–22. (in Russian).
- 10 Mastikhina A.L., Semenova E.A., Sumelidi Yu.O., Beletsky S.L. et al. Studying the possibility of using the multisensor vocmeter system for analyzing the freshness of buckwheat. *Biotechnosphere*. 2013. no. 3 (27). pp. 35–37. (in Russian).
- 11 Yu H., Dai X., Yao G., Xiao Z. Application of Gas Chromatography-Based Electronic Nose for Classification of Chinese Rice Wine by Wine Age. *Food Analytical Methods*. 2014. vol. 7. pp. 1489–1497.
- 12 Vera L., Aceña L., Guasch J., Boqué R. et al. Characterization and classification of the aroma of beer samples by means of an MS e-nose and chemometric tools. *Anal. Bioanal. Chem.* 2011. vol. 399 no. 10. pp. 3633–3634. doi: 10.1007/s00216-010-4343-y
- 13 Ostriкова Е.А., Shevtsov A.A., Shatsky V.P. The analysis of the aroma of specialty coffee drinks using a mass-sensitive “electronic nose”. *Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*. 2014. no. 1–2 (40–41). pp. 182–189. (in Russian).
- 14 Kadiroğlu P., Korel F. Chemometric studies on zNose™ and machine vision technologies for discrimination of commercial extra virgin olive oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2015. vol. 92. no. 9. pp. 1235–1242.
- 15 Kuchmenko T.A., Korchagin V.I., Drozdova E.V., Erofeeva N.V. et al. Assessment of the degree of destruction of films of oxobiodegradable polyethylene under the influence of UV radiation according to the “electronic nose”. *Bulletin of Moscow University. Series 2: Chemistry*. 2017. vol. 58. no. 5. pp. 240–249. (in Russian).

- 16 Kochetova Zh.Yu., Kuchmenko T.A., Karlov P.A., Timoshinov O.V. The use of an eight-sensor "electronic nose" for assessing water pollution with kerosene and acetone. *Successes in Modern Natural Sciences*. 2017. no. 11. pp. 12–17. (in Russian).
- 17 Halzova S.A., Krivososova D.A., Zyablov A.N., Duvanov O.V. Determination of synthetic dyes E102, E10, E122 and E124 in soft drinks with modified piezosensors. *Analytics and Control*. 2017. vol. 21. no. 2. pp. 85–92. (in Russian).
- 18 Aceña L., Vera L., Guasch J., Chemical characterization of commercial Sherry vinegar aroma by headspace solidphase microextraction and gas chromatography olfactometry. *Agric Food Chem*. 2011. vol. 59. no. 8. pp. 4062–4070.
- 19 Ageikin A.V., Kolesova E.V., Pronin I.A., Temnikov V.A. "Electronic nose" as a breakthrough in the non-invasive diagnosis of diseases. *Young scientist*. 2015. no. 23 (103). pp. 308–309. (in Russian).
- 20 Sinitsyna O.V., Meshkov G.B., Yaminsky I.V. "Electronic nose" for medical applications: the search for new materials for sensory elements. *Medicine and High Technologies*. 2016. no. 2. pp. 40–44. (in Russian).

Сведения об авторах

Лариса Б. Новикова аспирант, кафедра физической и аналитической химии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, larisa-alina@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7812-9195>

Татьяна А. Кучменко д.х.н., профессор, кафедра физической и аналитической химии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, tak1907@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9372-8038>

Вклад авторов

Лариса Б. Новикова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Татьяна А. Кучменко консультация в ходе исследования

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Larisa B. Novikova graduate student, physical and analytical chemistry department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, larisa-alina@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7812-9195>

Tatiana A. Kuchmenko Dr. Sci. (Chem.), professor, physical and analytical chemistry department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, tak1907@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9372-8038>

Contribution

Larisa B. Novikova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Tatiana A. Kuchmenko consultation during the study

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 02/08/2019	После редакции 20/08/2019	Принята в печать 03/09/2019
Received 02/08/2019	Accepted in revised 20/08/2019	Accepted 03/09/2019

Исследование возможностей технологии комплексного извлечения полезных компонентов из прибрежно-морских россыпей Приморья с применением методов пиро-гидрометаллургии

Владимир П. Молчанов ¹	vpmol@mail.ru	 0000-0001-7206-356X
Александр А. Юдаков ²	etcih@mail.ru	 0000-0003-4261-6615
Михаил А. Медков ²	medkov@ich.dvo.ru	 0000-0002-9417-0312

1 Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, пр-т Столетия Владивостока, 159, г. Владивосток, 690022, Россия

2 Институт химии ДВО РАН, пр-т Столетия Владивостока, 159, г. Владивосток, 690022, Россия

Аннотация. Интенсивная эксплуатация россыпных месторождений золота Приморья привела к истощению их геологических запасов, что отразилось на резком снижении объемов добычи благородных металлов. Альтернативным источником драгоценных металлов являются никогда ранее не эксплуатировавшиеся россыпи Приморского шельфа, сосредоточившие значительное количество золота и титаномагнетита. Значение золота как основы экономической безопасности нашей страны трудно переоценить. Титаномагнетиты – это твердые растворы диоксида титана в магнетите, содержащие богатую гамму примесей V, Cr, Zr и других легирующих элементов. В России накоплен большой опыт переработки золотосодержащих руд, но проблема освоения золото-титаномагнетитовых прибрежно-морских россыпей практически еще не решалась. В задачи наших исследований входила оценка возможностей промышленной переработки металлоносных песков бухты Руднева Японского моря с применением методов пиро-гидрометаллургии и фторидного вскрытия. Для этого была разработана четырехстадийная схема извлечения полезных компонентов. На первой из них исходные пески прошли гравитационное обогащение с последующим разделением электромагнитной сепарацией на магнитную и немагнитную фракции. На второй стадии магнитный материал, представленный титаномагнетитом, прошел тонкий помол, восстановительный обжиг в водороде и спекание порошкового материала. На третьем этапе немагнитные составляющие, которые включают основную массу золота и циркона, послужили исходным сырьем для воздействия тиокарбамидно-тиоцианатным раствором. На четвертой стадии нерастворенный кек, концентрирующий циркон, был профторирован бифторидом аммония. Применение этой схемы переработки металлоносных песков позволило извлечь самородное золото, циркониевый концентрат и порошки железа различной дисперсности.

Ключевые слова: золото, титаномагнетит, пиро-гидрометаллургия, фторидное выщелачивание, прибрежно-морские россыпи, Японское море, Приморье

Study of the possibilities of technology of complex extraction of useful components from coastal-sea placers of Primorye with application of methods of pyro-hydrometallurgy

Vladimir P. Molchanov ¹	vpmol@mail.ru	 0000-0001-7206-356X
Alexander A. Yudakov ²	etcih@mail.ru	 0000-0003-4261-6615
Michael A. Medkov ²	medkov@ich.dvo.ru	 0000-0002-9417-0312

1 Far East Geological Institute FEB RAS, 159 Prospekt 100-letiya Vladivostoka, Vladivostok, 690022, Russia

2 Institute of Chemistry FEB RAS, 159 Prospekt 100-letiya Vladivostoka, Vladivostok, 690022, Russia

Abstract. Intensive exploitation of placer gold deposits in Primorye led to the depletion of their geological reserves, which was reflected in a sharp decrease in the production of precious metals. An alternative source of precious metals is the never before exploited placer deposits of the Primorsky shelf, which have concentrated a significant amount of gold and titanomagnetite. The importance of gold as the basis of the economic security of our country can hardly be overestimated. Titanomagnetites are solid solutions of titanium dioxide in magnetite containing a rich gamut of impurities V, Cr, Zr and other alloying elements. Russia has gained vast experience in processing gold-bearing ores, but the problem of developing gold-titanomagnetite coastal-marine placers has not yet been solved. The objectives of our research included assessing the possibilities of industrial processing of metal-bearing sands of the Rudnev Bay of the Sea of Japan using pyro-hydrometallurgy and fluoride opening methods. For this, a four-stage scheme for the extraction of useful components was developed. In the first of them, the initial sands underwent gravitational enrichment, followed by separation by electromagnetic separation into magnetic and non-magnetic fractions. In the second stage, the magnetic material represented by titanomagnetite underwent fine grinding, reduction firing in hydrogen, and sintering of the powder material. In the third stage, non-magnetic components, which include the bulk of gold and zircon, served as the feedstock for exposure to a thiocarbamide-thiocyanate solution. In the fourth stage, the insoluble cake concentrating zircon was fluorinated with ammonium bifluoride. The use of this scheme for processing metal-bearing sands made it possible to extract native gold, zirconium concentrate and iron powders of various fineness.

Keywords: gold, titanomagnetite, pyro-hydrometallurgy, fluoride leaching, coastal and marine placers, sea of Japan, Primorye

Для цитирования

Молчанов В.П., Юдаков А.А., Медков М.А. Исследование возможностей технологии комплексного извлечения полезных компонентов из прибрежно-морских россыпей Приморья с применением методов пиро-гидрометаллургии // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 242–248. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-242-248

For citation

Molchanov V.P., Yudakov A.A., Medkov M.A. Study of the possibilities of technology of complex extraction of useful components from coastal-sea placers of Primorye with application of methods of pyro-hydrometallurgy. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 242–248. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-242-248

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Юг Дальнего Востока относится к числу наиболее старых районов золотодобычи России. Благородные металлы здесь извлекали из россыпей задолго до прихода первых русских землепроходцев [1]. Интенсивная эксплуатация россыпных месторождений на протяжении многих веков привела к истощению их геологических запасов, что отразилось на резком снижении объемов добычи благородных металлов (БМ). Вместе с тем есть весомые основания полагать, что золотой потенциал далеко не исчерпан. Так, потенциальным резервом БМ являются ранее не эксплуатировавшиеся россыпи Приморского шельфа, сосредоточившие весьма значительные запасы титаномагнетита, мелкого и тонкого золота. Современные методы извлечения полезных компонентов создают предпосылки к переоценке всех этих объектов с целью их комплексного освоения без нанесения серьезного ущерба окружающей среде.

В качестве эталонного объекта исследований избраны прибрежно-морские россыпи бухты Руднева Японского моря, аккумулирующие значительные ресурсы золота и титаномагнетита [2,3]. Внимание к россыпепроявлениям привлечено их благоприятным географическим положением в густонаселенном прибрежном районе юга Приморского края (близ города Находка) и развитой инфраструктурой, обеспечивающей эффективность использования современных технологий извлечения полезных ископаемых. В задачи исследования входило изучение возможностей промышленного освоения этих металлоносных песков с использованием методов пиро-гидрометаллургии и фторидного вскрытия. Для решения этой проблемы потребовалось выполнить комплекс минералогических и технологических исследований. В пределах изученных россыпей было отобрано несколько крупнообъемных проб, прошедших обогащение на гравитационной установке. Полученные концентраты посредством электромагнитной сепарации были разделены на магнитную и немагнитную фракции, концентрирующие основную массу титаномагнетита и золота, циркона. В процессе переработки титаномагнетитового концентрата использовались приемы порошковой металлургии [4], а БМ и циркон, в свою очередь, извлекались с применением гидрометаллургических схем и фторидного передела. Особое внимание при этом уделялось методам гидрометаллургии, основанным на растворении полезных компонентов активными реагентами при контакте с выщелачивающими растворами. Обычно выщелачивание БМ осуществляется с помощью цианидных растворов, что сопряжено со значительным ухудшением экологической обстановки. Для их замены [5]

в процессе переработки прибрежно-морских россыпей были использованы тиокарбамидные растворы.

Возможность применения тиокарбамидов в качестве заменителей цианидных растворов для извлечения БМ, содержащихся в различных видах минерального сырья, неоднократно обсуждалась в литературе [6]. Использование тиокарбамидных растворов для растворения золота по сравнению с цианидными имеет несколько преимуществ [7]: снижение экологической нагрузки, увеличение скорости растворения золота в 10 раз, уменьшение коррозионного воздействия на аппаратуру, снижение влияния ионов-примесей. Вместе с тем существуют два ограничения, препятствующие широкому промышленному использованию процесса тиокарбамидного растворения золота: цена тиокарбамидов на 25% выше, чем цианида натрия, и существенные потери тиокарбамидов на различных стадиях процесса. Последние связаны, главным образом, с операциями фильтрации и извлечения золота. На стадии фильтрации после выщелачивания часть маточного раствора, содержащего тиокарбамид, может теряться с влажным кеком; для избежания этих потерь необходима многократная промывка кека. На стадии извлечения золота из растворов выщелачивания в случае использования методов экстракции и сорбции золото может переходить в фазу сорбента и экстракт в виде тиокарбамидных комплексов, что сказывается на потерях тиокарбамидов. При применении электрохимического метода выделения благородных металлов из растворов выщелачивания возможно анодное окисление тиокарбамидов. При цементации, если ее осуществляют при повышенных температурах [8], возможно разложение тиокарбамидов. Различные реагентные методы осаждения золота, равно как и цементация, приводят к загрязнению растворов выщелачивания. Это затрудняет их использование в обороте без дополнительных операций регенерации растворов, что также приводит к потерям тиокарбамидов.

Результаты исследований

Пирометаллургия. Железо – титан – оксидные минералы широко представлены в песках побережий Дальневосточных морей, включающих огромные территории от Камчатки до юга Приморья. Среди природных оксидов выделяются минералы серий твердых растворов окислов $\text{FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ [9, 10]. По составу Fe – Ti-оксиды разделяются на три серии: титаномагнетитовую, гематитовую и псевдобрукитовую [11]. Содержание V в минералах хорошо коррелируется с содержанием Ti.

Основным рудным компонентом россыпи бухты Руднева является титаномагнетит $n\text{FeTiO}_4 \cdot (1-n) \text{Fe}_3\text{O}_4$, который наблюдается в виде округлых зерен нарушенных октаэдров и остроугольных обломков и представляет собой твердый раствор с изоморфным вхождением титана в решетку магнетита. Наряду с титаномагнетитом в шлиховом материале присутствуют в незначительном количестве оксиды и силикаты в виде ильменита и пироксенов, причем ильменит (FeTiO_3) образует зерна с хорошо выраженными кристаллографическими формами в виде пластинчатых гексагональных кристаллов.

Технологический процесс переработки титаномагнетита методами порошковой металлургии включает тонкий помол шлиха, восстановление концентрата, прессование и спекание порошкового материала. В результате был выделен богатый железом концентрат следующего состава (мас.%): Fe_3O_4 –85,3, TiO_2 –8,2, Al_2O_3 –2,6, V_2O_5 –0,5, Cr_2O_3 –0,1, ZrO_2 –0,02. Для получения металлической фазы этот концентрат подвергается восстановительному отжигу в водороде. Восстановление титанового компонента (ульвошпинели) водородом можно представить элементарными превращениями: $\text{Fe}_2 \text{TiO}_4 \rightarrow \text{FeTiO}_3 + \text{Fe м} \rightarrow \text{Fe м} + \text{TiO}_2$.

Эти химические превращения выполняются в условиях медленного образования продуктов реакции, когда успевают сформироваться фазы соответствующего состава. В экспериментальных исследованиях изучено влияние режимов обработки титаномагнетитового концентрата на процесс его восстановления. Пробы по 5–10 г обрабатывались в среде водорода при температурах 750–1000 °С в течение 1–3 ч. Кинетика процесса восстановления исследовалась с применением электронно-зондового микроанализатора Jeol Superprobe JXA 8100 с системой INCA Energy 350 Oxford Instruments.

Выяснили, что зерна титаномагнетита, обработанного при температуре 7500 °С в течение 1 ч, имеют зональное строение: на периферии неоднородная кайма восстановленного губчатого металла с включениями нерудных минералов, а в центре – остаток исходного материала в виде сплошного гомогенного ядра без признаков распада. Фазовый анализ показал наличие в образцах – железа, магнетита и пироксена. Зерна титаномагнетита, обработанного при температуре 900 °С в течение 1 ч, имеют более плотную кайму восстановленного металла, затем следует зона распада на двухфазный продукт, образованный оксидами титана, алюминия, магния, а в центре наблюдается зернистый восстановленный металл. При этом встречаются зерна с нераспавшимся исходным материалом в центре.

В зернах, обработанных при температуре 1000 °С, кроме металлической фазы, присутствует тот же двухфазный агрегат, но уже по всему объему зерна (рисунок 1, а). Металлическая фаза состоит из железа, содержащего до 2 масс.% Ti, в виде твердого раствора.

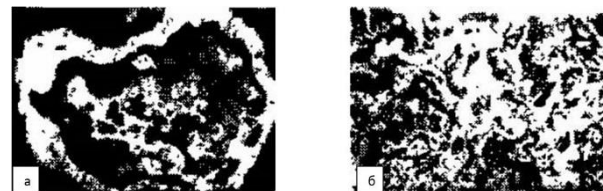


Рисунок 1. Форма микроструктуры титаномагнетита: а – восстановленного при температуре 1000 °С (x200); б – полученного методом порошковой металлургии из восстановленного титаномагнетита (x400)

Figure 1. Form of microstructure of titanomagnetite: а – reduced at a temperature of 1000 °С (x200); б – obtained by powder metallurgy from reduced titanomagnetite (x400)

В процессе восстановительного отжига масса полученного концентрата спекается, образуя агломерат, прочность которого возрастает с температурой отжига. Поэтому обработанные пробы порошка необходимо подвергать дроблению на шаровой мельнице. Обработанный при температуре 750 °С порошок не спекается, и после 3 ч реакции удастся получить полностью металлизированное железо. Из полученного порошка путем холодного прессования при удельном давлении 7 т/см² и спекании в вакууме при температуре 1150 °С изготавливали образцы. Микроскопическое изучение металлографических шлифов спекшегося материала показывает четко дифференцируемую структуру сплава из двух фаз: железа, содержащего титан, и фазы, образованной оксидами титана, ванадия, алюминия, магния и других элементов (рисунок 1, б).

В результате выполненных экспериментов из титаномагнетита удалось получить высоколегированные порошки железа различной дисперсности, обладающие высокой сыпучестью и имеющие подходящую для дальнейших переделов структуру, что особенно актуально в связи с возрастающим дефицитом эффективных инструментальных материалов.

Одним из путей решения этой проблемы является создание композиционных материалов на базе титаномагнетитового концентрата, в частности таких, в которых связующей фазой является железо, а остальные компоненты представлены оксидами, карбидами и карбонитридами других металлов. Такой материал обладает высокой гомогенностью структуры,

однородностью свойств, равномерной усадкой, точным воспроизведением заданной конфигурации, по износостойкости способен конкурировать с абразивными материалами типа карбидосталей. По теплофизическим свойствам материал сопоставим с жаростойкими сплавами ферритного состава. К его достоинствам относятся сочетание высокой температуры плавления с малым коэффициентом термического расширения и высокой коррозионной устойчивостью.

Гидрометаллургия. После прохождения стадии электромагнитной сепарации немагнитные составляющие гравитационного концентрата, включающие основную массу золота и циркона, послужили исходным сырьем для гидрометаллургических исследований. Ранее нами установлено [5], что золото из указанного вида сырья эффективно извлекается при выщелачивании тиокарбамидно-тиоцианатными растворами. Поскольку широкому промышленному использованию тиокарбамидного растворения БМ препятствует относительно высокая цена тиокарбамида и его потери на стадиях фильтрации и извлечения золота, предложен процесс извлечения золота из тиокарбамидных растворов с использованием жидкостной экстракции как возможного способа снижения потерь тиокарбамида при переработке золотосодержащих концентратов. Кроме того, использование жидкостной экстракции на стадии извлечения золота и серебра из растворов выщелачивания позволяет селективно извлекать благородные металлы с дополнительным отделением от примесей. Единственная проблема, которая возникает в этом случае, – это вывод накапливающихся в обороте Fe, As, и Cu. Тем не менее, эта проблема разрешима, поскольку технология предусматривает полную нейтрализацию оборотных растворов известью после 5–7 циклов выщелачивания для снижения общего солевого фона.

В качестве экстрагентов были использованы трибутилфосфат (ТБФ), дифенилтиомочевина (ДФТМ) и их смесь. Установлено, что образующиеся в процессе выщелачивания тиокарбамидные комплексы золота практически не экстрагируются индивидуальными экстрагентами и слабо экстрагируются смесью ДФТМ с ТБФ. Вместе с тем золото экстрагируется ТБФ, а также смесью ДФТМ с ТБФ с высокими коэффициентами распределения при введении в тиокарбамидные растворы тиоцианат-ионов. При этом установлено, что выделение тиоцианата натрия в тиокарбамидные растворы не ухудшает

показатели извлечения золота на стадии выщелачивания и, что особенно важно, экстракция не сопровождается переходом в органическую фазу тиокарбамида, поскольку золото экстрагируется в форме тиоцианатных комплексов. Таким образом, использование жидкостной экстракции на стадии извлечения золота из растворов выщелачивания позволяет избежать потерь тиокарбамида.

Необходимо отметить, что при наличии в растворах выщелачивания ртути последняя почти полностью переходит в органическую фазу. В этой связи нами предпринята попытка выделения всех металлов из органической фазы, минуя стадию промывки. Проведенные исследования показали, что наиболее эффективно металлы из органической фазы осаждаются боргидридом натрия. Так, при обработке экстракта раствором, содержащим 0,5 моль/л NaBH_4 , на границе раздела фаз появляется черный осадок. При этом экстрагент не разрушается и не теряет способности экстрагировать БМ. Отфильтрованный межфазный осадок после промывки концентрированной азотной кислотой подвергался окислительной плавке (рисунок 2). Сквозное извлечение золота из сырья по указанной схеме составляет 89–90%.

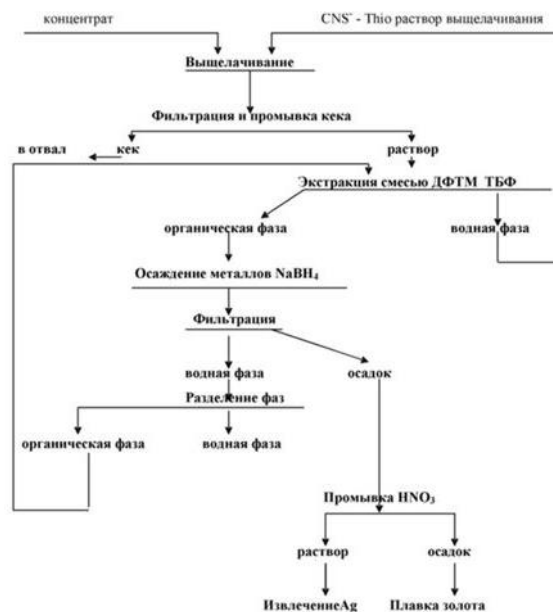


Рисунок 2. Гидрометаллургическая схема извлечения золота

Figure 2. Hydrometallurgical scheme for the recovery of gold

Фторидное вскрытие. Нерастворенный в результате гидрометаллургической переработки кек, концентрирующий значительное количество

циркона, используется для получения товарных циркониевых продуктов. Среди известных способов переработки циркониевых концентратов предпочтение следует отдать способу фторидного вскрытия циркона. Этот способ предусматривает сухое фторирование концентрата бифторидом аммония с переводом в газовую фазу фторсиликата аммония. После удаления из продуктов фторирования кремния, образующегося аммиака и избытка фторирующего агента осуществляется возгонка тетрафторида циркония, из которого методом пирогидролиза получается товарный диоксид циркония. Получаемый таким образом диоксид циркония моноклинной модификации имеет чистоту около 99,9%. Эта технологическая схема отличается от традиционной хлоридной схемы меньшими энергозатратами и меньшими экологическими издержками. Кроме того, образование промежуточного продукта тетрафторида циркония позволяет получать в качестве конечного продукта высокочистые фтористые соединения циркония, используемые в волоконной оптике. В частности, ранее разработанный способ отделения циркония от примесей, содержание которых во фторидах циркония, используемых для изготовления на их основе волоконистых светодиодов, не должно превышать 10^{-6} – 10^{-7} масс.%. Такая степень очистки тетрафторида циркония не достигается использованием методов дистилляции и сублимации [12, 13].

Разработанный способ отделения циркония от примесей, в частности, от железа основан на экстракции циркония из фторидных растворов раствором фторида триалкилбензиламмония с последующими промывками органической фазы и рекстракцией раствором фтористоводородной кислоты и её смесью с фторидом аммония. Способ хорошо сочетается с фторидным методом вскрытия циркониевого концентрата и позволяет снизить содержание примесей в получаемом тетрафториде циркония до требуемого уровня.

Заключение

В результате проведенных исследований разработаны основы оригинальной малоотходной технологии извлечения полезных компонентов из золото-титаномагнетитовых песков бухты

Руднева с использованием комплекса методов гравитации, электромагнитной сепарации, пиро-гидрометаллургии и фторидного вскрытия. Применение этой схемы переработки россыпей Приморского шельфа позволит:

- получить титаномагнетитовый концентрат, который может послужить основой сырья для порошковой металлургии. Предложенный технологический процесс переработки титаномагнетита может быть востребован при создании композиционных инструментальных материалов с высокими физико-механическими характеристиками, используя дешевую и доступную сырьевую базу – природнолегированные титаномагнетитовые пески Приморского шельфа;
- извлечь самородное золото из металлоносных песков методом жидкостной экстракции из тиокарбамидных растворов выщелачиванием, что заметно скажется на уровне добычи драгоценных металлов в регионе;
- получить циркониевый концентрат, который входит в число высокотехнологичных видов твердых полезных ископаемых. Потребности в этом сырье в настоящее время почти полностью удовлетворяются за счет импорта;
- использовать отходы переработки прибрежно-морских россыпей (песок, галечник) в промышленном и гражданском строительстве.

Предлагаемые технические решения являются лишь первым шагом в освоении прибрежно-морских золото-титаномагнетитовых россыпей месторождений. Очевидно, что дальнейшие исследования необходимо проводить в направлении комплексной переработки металлоносных песков, что позволит снизить затраты на получение отдельных продуктов и обеспечить более высокую эффективность производства. Комплексный подход представляется оптимальным решением проблемы освоения прибрежно-морских россыпей, поскольку производство целого ряда товарных продуктов (металлопроката, циркония, феррованадия, титана, пигментной двуокиси титана, порошковых материалов) позволит наладить высокорентабельную переработку дешевого местного сырья и создать стабильный экспортный потенциал.

Литература

- 1 Анерт Э.Э. Богатство недр Дальнего Востока. Хабаровск-Владивосток: Книжное дело, 1928. 932 с.
- 2 Патык Кара Н.Г., Беневольский Б.И., Быховский Л.З. и др. Россыпные месторождения России и других стран СНГ (минералогия, промышленные типы, стратегия развития минерально-сырьевой базы). Москва: Научный мир, 1997. 479 с.
- 3 Патык Кара Н.Г. Минералогия россыпей: типы россыпных провинций. Москва: ИГЕМ РАН, 2008. 528 с.
- 4 Molchanov V.P., Yudakov A.A. Industrial processing of coastal-marine placers of titanomagnetite // Marine science and technology for sustainable development. Vladivostok: POI FEB RAS, 2019. P. 101. URL: https://www.pacon-conference.org/sites/default/files/PACON2019_abstracts.pdf

- 5 Молчанов В.П., Медков М.А., Хомич В.Г., Белобелецкая М.В. Исследования техногенных россыпей Приморья как источника доизвлечения благородных металлов // Геохимия. 2004. № 6. С. 684–688.
- 6 Меретуков М.А., Орлов А.М. Металлургия благородных металлов. Зарубежный опыт. Москва: Металлургия, 1991. 415 с.
- 7 Лодейщиков В.В., Панченко А.Ф., Хмельницкая А.Д. Разработка технологии, добычи и переработки руд благородных и редких металлов // Труды ИРГИРЕДМЕТ. 1997. № 31. С. 102.
- 8 Пат. № 1174488, SU, C22B 3/00, 11/04. Способ переработки сульфидных полиметаллических продуктов, содержащих благородные и цветные металлы / Седова Н.А., Давидович Р.Л., Медков М.А. и др. № 3708909; Заявл. 02.03.1984; Опубл. 23.08.1985.
- 9 Spenser K., Lindsley D. A solution model for coexisting iron titanium oxides // Amer. Miner. 1981. V. 66. № 11/12. P. 1189–1202.
- 10 McMurray J., Hu R., Ushakov S. et al. Solid-liquid phase equilibria of Fe-Cr-Al alloys and spinels // Journal of Nuclear Materials. 2017. V. 492. P. 128–133.
- 11 Buddington A., Lindsley D. Irontitanium oxide minerals and synthetic equivalents // Journal of Petrology. 1964. № 5. P. 310–357.
- 12 Kobayashi M. Purification of raw materials for fluoride glass fibers by solvent extraction // Material Sciens Forum. 1988. V. 32–33. P. 75–80.
- 13 Robinson M. Processing and purification techniques of heavy metal fluoride glass (HMFG) // J. cryst. Growth. 1986. V. 75 (1). P. 184–194.

References

- 1 Anert E.E. The wealth of the bowels of the Far East. Khabarovsk-Vladivostok, Knizhnoye delo, 932 p. (in Russian).
- 2 Patyk Kara N.G., Benevolsky B I, Bykhovsky L Z. et al. Alluvial deposits in Russia and other CIS countries (mineralogy, industrial types, development strategy of the mineral resource base). Moscow, Nauchnyy mir, 1997. 479p. (in Russian).
- 3 Patyk Kara N.G. Minerageny of placers: types of placer provinces. Moscow, IGEM RAS, 2008. 528 p. (in Russian).
- 4 Molchanov V.P., Yudakov A.A. Industrial processing of coastal-marine placers of titanomagnetite. Marine science and technology for sustainable development. Vladivostok, POI FEB RAS, 2019. pp. 101. URL: https://www.pacon-conference.org/sites/default/files/PACON2019_abstracts.pdf
- 5 Molchanov V.P., Medkov M.A., Khomich V.G., Belobeletskaia M.V. Studies of technogenic placers of Primorye as a source of additional extraction of precious metals. Geochemistry. 2004. no. 6. pp. 684–688. (in Russian).
- 6 Meretukov M A, Orlov A M. Metallurgy of precious metals. Foreign experience. Moscow, Metallurgy, 1991. 415 p. (in Russian).
- 7 Lodeishchikov V.V., Panchenko A.F., Khmel'nitskaya A.D. Development of technology, mining and processing of ores of precious and rare metals. Transactions of IRGIREDMET. 1997. no. 31. pp. 102. (in Russian).
- 8 Sedova N.A., Davidovich R.L., Medkov M.A. et al. A method of processing sulfide polymetallic products containing noble and non-ferrous metals. Patent USSR, no. 1174488, 1985.
- 9 Spenser K.J., Lindsley D.H. A solution model for coexisting iron titanium oxides. Amer. Miner. 1981. vol. 66. no. 11/12. pp. 1189–1202.
- 10 McMurray J.W., Hu R., Ushakov S.V. et al. Solid-liquid phase equilibria of Fe-Cr-Al alloys and spinels. Journal of Nuclear Materials. 2017. vol. 492. pp. 128–133.
- 11 Buddington A.F., Lindsley D.H. Irontitanium oxide minerals and synthetic equivalents. Journal of Petrology. 1964. no.5. pp. 310–357.
- 12 Kobayashi M. Purification of raw materials for fluoride glass fibers by solvent extraction. Material Sciens Forum. 1988. vol. 32–33. pp. 75–80.
- 13 Robinson M. Processing and purification techniques of heavy metal fluoride glass (HMFG). J. cryst. Growth. 1986. vol. 75 (1). pp. 184–194.

Сведения об авторах

Владимир П. Молчанов к.г.-м.н., лаборатория нелинейной металлогении, Дальневосточного геологического института Дальневосточного отделения Российской академии наук, Проспект 100-летия Владивостоку, 159, г. Владивосток, 690022, Россия, vpmol@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7206-356X>

Александр А. Юдаков д.т.н., научный руководитель инженерно-технологического центра (ИТЦ), Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук, Проспект 100-летия Владивостоку, 159, г. Владивосток, 690022, Россия, etcih@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4261-6615>

Information about authors

Vladimir P. Molchanov Cand. Sci. (Geol.-Min.), laboratory of non-linear metallogeny, Far East Geological Institute of the far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 159, Prospekt 100-letiya Vladivostoka, Vladivostok, 690022, Russia, vpmol@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7206-356X>

Alexander A. Yudakov Dr. Sci. (Engin.), scientific director, Engineering and Technology Center (ITC), Institute of Chemistry of the far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 159, Prospekt 100- letiya Vladivostoka, Vladivostok, 690022, Russia, etcih@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4261-6615>

Михаил А. Медков д.х.н., профессор, заведующий лабораторией переработки минерального сырья, Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук, Проспект 100-летия Владивостоку, 159, г. Владивосток, 690022, Россия, medkov@ich.dvo.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9417-0312>

Michael A. Medkov Dr. Sci. (Chem.), professor, laboratory of mineral processing, Institute of Chemistry of the far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 159, Prospekt 100-letiya Vladivostoka, Vladivostok, 690022, Russia, medkov@ich.dvo.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9417-0312>

Вклад авторов

Владимир П. Молчанов написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат
Александр А. Юдаков предложил методику проведения эксперимента и организовал производственные испытания
Михаил А. Медков обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провел эксперимент, выполнил расчёты

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

Vladimir P. Molchanov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism
Alexander A. Yudakov proposed a scheme of the experiment and organized production trials

Michael A. Medkov review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 20/07/2019	После редакции 05/08/2019	Принята в печать 17/08/2019
Received 20/07/2019	Accepted in revised 05/08/2019	Accepted 17/08/2019

Применение дисульфидного масла для удаления парафинистых отложений на оборудовании установок стабилизации конденсата

Константин П. Узун ²	zavod330@gmail.com	 0000-0003-3634-0325
Елена А. Чернышева ¹	elenchernysheva@mail.ru	 0000-0002-3212-3748
Татьяна А. Курякова ²	Tany_kur1975@mail.ru	 0000-0003-0238-2885
Лариса В. Межуева ³	larisam57@mail.ru	 0000-0002-6935-8911

¹ РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, Ленинский пр-т., 65, Москва, 119991, Россия

² РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина филиал в г. Оренбурге, ул. Юных Ленинцев, 20, г. Оренбург, 460047, Россия

³ Оренбургский государственный университет, пр. Победы, 13, 460018, г. Оренбург

Аннотация. На установке стабилизации конденсации Оренбургского газоперерабатывающего завода (ОГПЗ) ООО «Газпром переработка» остро стоит проблема асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) вследствие чего: ухудшается работа теплообменного оборудования, асфальтосмолопарафиновые отложения накапливаются на тарелках и в кубовой части колонны стабилизации, образуются пирофорные соединения, осложняющие пропарку системы при подготовке оборудования к ремонту. В настоящее время для очистки теплообменного оборудования от АСПО на установке используют водяной пар, что неблагоприятно сказывается на технологическом режиме установки стабилизации и резервуарного парка хранения стабильного конденсата. В соответствии с методикой хроматографического анализа определен состав «дисульфидного масла», получаемого на Оренбургском газоперерабатывающем заводе и нестабильного конденсата в смеси с нефтью, определены физико-химические показатели. Предложена простая в осуществлении экспресс-методика, позволяющая определить растворяющую способность дисульфидного масла (ДСМ). Методика не требует привлечения сложных инструментальных методов анализа и математического моделирования и позволяет в короткие сроки с минимальными затратами определить растворяющую способность. Проведенные мероприятия по растворению АСПО позволяют рекомендовать к использованию новый тип растворителя АСПО на основе дисульфидного масла. При этом будут решены задачи как квалифицированного использования этого побочного продукта, так и повышения эффективности очистки оборудования от АСПО. Дисульфидное масло в настоящее время закачивается в стабильный конденсат, поэтому его закачка в расширенный конденсат не нарушит технологического режима работы установки стабилизации конденсата, что и подтверждается расчетами.

Ключевые слова: дисульфидное масло, ингибитор, парафинистые отложения, конденсат

Application of disulfide oil for removal of paraffin deposits on the equipment of condensate stabilization units

Konstantin P. Uzun ²	zavod330@gmail.com	 0000-0003-3634-0325
Elena A. Chernysheva ¹	elenchernysheva@mail.ru	 0000-0002-3212-3748
Tatyana A. Kuryakova ²	Tany_kur1975@mail.ru	 0000-0003-0238-2885
Larisa V. Mezheva ³	larisam57@mail.ru	 0000-0002-6935-8911

¹ Gubkin Russian state University of oil and gas, 65, Leninsky ave, Moscow, 119991, Russia

² RSU of oil and gas (NSU) branch in Orenburg, Young Leninists st., 20, Orenburg, 460047, Russia

³ Orenburg State University, Victory Ave. 13, 460018, Orenburg

Abstract. On installation stabilize the condensation of the Orenburg gas processing plant (OGPP), ООО "Gazprom pererabotka" acute problem of deposition of asphalt-resin-paraffin deposits (ARPD) resulting in worse job of heat transfer equipment, asphalt-resin-paraffin deposits build up on the plates and in the bottom of the column stabilization, the formation of pyrophoric compounds, complicating the steaming system in the preparation of the equipment to repair. Currently, water vapor is used to clean the heat exchange equipment from the ARPD at the plant, which adversely affects the technological mode of the stabilization unit and the storage tank Park of stable condensate. In accordance with the technique of chromatographic analysis, the composition of "disulfide oil" obtained at the Orenburg gas processing plant and unstable condensate mixed with oil was determined, physical and chemical parameters were determined. An easy – to-implement Express technique is proposed to determine the solvent capacity of disulfide oil (DO). The technique does not require the use of complex instrumental methods of analysis and mathematical modeling and allows in a short time with minimal cost to determine the solvent capacity. The carried out measures on dissolution of ARPD allows to recommend to use a new type of solvent of ARPD on the basis of disulfide oil. At the same time, the tasks of both the qualified use of this by-product and the increase in the efficiency of equipment cleaning from ARPD will be solved. Disulfide oil is currently pumped into stable condensate, so its injection into expanded condensate will not violate the technological mode of operation of the condensate stabilization unit, which is confirmed by calculations.

Keywords: disulfide oil, inhibitor, paraffin deposits, condensate

Введение

На установке стабилизации конденсации Оренбургского ГПЗ ООО «Газпром переработка» остро стоит проблема отложения АСПО вследствие чего:

- ухудшается работа теплообменного оборудования;
- АСПО накапливается на тарелках и в кубовой части колонны стабилизации;

Для цитирования

Узун К.П., Чернышева Е.А., Курякова Т.А., Межуева Л.В. Применение дисульфидного масла для удаления парафинистых отложений на оборудовании установок стабилизации конденсата // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 249–254. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-249-254

For citation

Uzun K.P., Chernysheva E.A., Kuryakova T.A., Mezheva L.V. Application of disulfide oil for removal of paraffin deposits on the equipment of condensate stabilization units. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 249–254. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-249-254

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

- образуются пиррофорные соединения, осложняющие пропарку системы при подготовке оборудования к ремонту [1–5].

В настоящее время для очистки теплообменного оборудования от АСПО на установке используют водяной пар, что неблагоприятно сказывается на технологическом режиме установки стабилизации и резервуарного парка хранения стабильного конденсата:

- во время проведения пропарки полностью останавливают работу теплообменного оборудования и соответственно сокращается загрузка установки по сырью;

- происходит увеличение количества подтоварной воды при проведении пропарки без остановки теплообменников, соответственно необходимо дополнительное отстаивание стабильного конденсата в товарном парке от подтоварной воды;

- увеличивается количество вывода некондиции с данных установок [6–8].

Удаление АСПО с поверхности другого оборудования возможно только в период проведения планово-предупредительного ремонта установки [9–11].

На основании вышеизложенного предлагается провести испытания дисульфидного масла, вырабатываемого на ОГПЗ в качестве растворителя для уменьшения парафинистых отложений в расширенном конденсате на установке стабилизации конденсата ОГПЗ.

Были определены основные задачи:

- экспериментальное исследование процессов растворения АСПО в дисульфидном масле. Установление направлений процессов растворения различных компонентов АСПО;
- сравнительная оценка эффективности ингибиторов АСПО, промышленного производства и дисульфидного масла.

Материалы и методы

В соответствии с методикой хроматографического анализа определен состав «дисульфидного масла», получаемого на ОГПЗ, и нестабильного конденсата в смеси с нефтью ОНГКМ, определены физико-химические показатели (таблицы 1, 2).

Как видно из таблицы 1 при проведении исследований эффективности растворения АСПО использована смесь дисульфидного масла с углеводородами 3:7.

Таблица 1.

Физико-химические показатели дисульфидного масла

Table 1.

Physical and chemical properties of disulfide oil

Показатель Indicator	Фактические значения Actual values					
	04.07.18	05.07.18	08.07.18	09.07.18	10.07.18	Средние показатели Average
Внешний вид Appearance	Мутная жидкость желто-зеленого цвета Turbid liquid yellow-green color					
Фракционный состав, °C Fractional composition, °C						
Температура нк Temperature NK	108	112	105	107	109	108,2
10% об.	117	115	114	115	115	115,2
20% об.	118	118	114	118	117	117
30% об.	120	120	115	119	118	118,4
40% об.	124	123	117	123	120	121,4
50% об.	128	127	118	125	124	124,4
60% об.	133	132	121	129	126	128,2
70% об.	144	141	124	137	135	136,2
80% об.	155	151	132	151	147	147,2
90% об.	173	166	151	184	165	167,8
Температура кк Temperature KK	205	207	194	196	206	201,6
Выход Output	99	98,5	99	99	99	98,9
Остаток Residue	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Потери Toll	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,6
Компонентный состав, % масс. Component composition, % wt.						
17,72	16,13	31,06	18,45	18,46	20,364	
7,32	11,17	15,67	9,77	8,78	10,542	
74,96	72,7	53,27	71,78	72,76	69,094	
Плотность при 20 °C, г/см³ Density at 20 °C, g/cm³	0,902	0,903	0,962	0,907	0,932	0,9212

Таблица 2.

Физико-химические показатели нестабильного конденсата

Table 2.

Physico-chemical parameters of unstable condensate

Показатель Indicator	1-я декада апреля 1 decade April	2-я декада апреля 2 decade April	3-я декада апреля 3 decade April	Апрель April
Компонентный состав, в том числе: Component composition, including:				
Метанол Methanol	0,01	0,01	0,01	0,01
Диоксид углерода Carbon dioxide	0,09	0,10	0,10	0,10
Сероводород Hydrogen sulphide	1,02	1,29	1,29	1,20
Меркаптаны Mercaptan	0,36	0,42	0,38	0,39
Азот Nitrogen	0,04	0,01	0,0	0,02
Метан Methane	0,46	0,49	0,58	0,51
Этан Ethane	0,42	0,59	0,54	0,52
Пропан Propane	1,40	1,84	1,70	1,65
и-Бутан I-Bhutan	0,80	1,05	0,93	0,93
Бутан Bhutan	2,58	3,25	2,97	2,93
и-Пентан I-Pentane	2,12	3,04	2,55	2,57
Пентан Pentane	2,50	3,40	2,88	3,00
Гексан+ Hexane+	88,20	84,30	86,07	86,17
Плотность при рабочих условиях, г/см ³ Density under working conditions, g / cm ³	0,832	0,785	0,782	0,800
Содержание свободной воды, % масс. Free water content, % wt.	< 0,01			
Содержание эмульсионной воды, % масс. Emulsion water content, % wt.	—			
Содержание механических примесей, % масс. Content of mechanical impurities, % by weight.				

Для дальнейших исследований взяты отложения с оборудования до его пропарки.

В исследуемых образцах АСПО было определено содержание углеводородов, твердых парафинов, смол и асфальтенов. Деление отложений на групповые компоненты в значительной мере отражает различия в растворимостях этих компонентов в растворителях, применяющихся в практике анализа остаточных нефтепродуктов, ближайших аналогов АСПО. Поэтому исследования проводились с использованием адсорбционных методов анализа остаточных нефтепродуктов

по Маркуссону. Метод заключается в предварительном удалении асфальтово-смолистых веществ из остатка, их экстракции, адсорбции и последующем выделении парафина смесью ацетона и толуола (таблица 3).

Из таблицы 3 видно, что АСПО остатка характеризуется высоким содержанием парафиновых УВ. Парафинистый тип отложений и, как следствие, их невысокая полярность указывают на то, что основу композиции для разрушения структуры АСПО должны составлять низкокипящие компоненты.

Таблица 3.

Состав и плотность остатка нестабильного конденсата в смеси с нефтью

Table 3.

Composition and density of the residue of the oil composition of the Compound in a mixture with oil

Дата Data	Состав, % масс. Composition, % wt.			Плотность, г/см ³ Density, g / cm ³
	Асфальтены asphaltenes	Смолы resins	Углеводороды + твердые парафины Hydrocarbons + solid paraffins	
04.07.18	0,414	16,800	82,786	0,918
08.07.18	0,398	17,500	82,102	0,926
10.07.18	0,559	18,400	81,041	0,928
Средние показатели Average	0,457	17,567	81,976	0,924

Дисульфидное масло испытывали на растворяющую способность. Растворение остатка нестабильного конденсата в дисульфидном масле проводили при температурах 20; 90 °С и при разных соотношениях: 9:1, 8:2, 7:3, 1:1, 3:7 соответственно.

Испытуемый образец при исследуемой температуре перемешивали в течение 5 мин. Затем содержимое отфильтровывали через предварительно взвешенный фильтр – черная лента. Фильтр с частицами АСПО высушивали при комнатной температуре до постоянного веса.

Растворяющую способность X вычисляли по формуле

$$X = 100 - \frac{m_0 - m_1}{m_0} \cdot 100,$$

где m_0 – масса пробы до опыта, г; m_1 – масса пробы, отфильтрованной после опыта, г.

За результат измерения принимают среднее арифметическое результатов параллельных измерений. Количество проведенных параллельных измерений четыре.

Результаты и обсуждение

Результаты исследований растворения остатка нестабильного конденсата в ДСМ представлены в таблицах 4–5.

Приведены усредненные экспериментальные данные, полученные как средние арифметические четырех параллельных измерений.

Таблица 4.

Экспериментальные данные растворения остатка в ДСМ

Table 4.

Experimental data of dissolution of the residue in DSM

Проба Sample	Объем ДСМ, см ³ DCM Volume, cm ³	Объем остатка, см ³ Volume residue, cm ³	Плотность смеси, г/см ³ Mixture density, g/cm ³	Время фильтрования при t=20 °С Time of filtration t=20 °С	Время фильтрования при t=90 °С Time of filtration t=90 °С
Холостая проба Blank sample	-	100	0,924	Не фильтруется not filtered	
1	70	30	0,905	20 min	8 min
2	50	50	0,908	28 min	22 min
3	30	70	0,912	2,3 h	1,2 h
4	20	80	0,917	8 h	2,4 h
5	10	90	0,918	24 h	12 h

Таблица 5.

Расчет растворяющей способности ДСМ

Table 5.

Calculation of the solvent capacity of DSM

Проба Sample	Масса смеси, г Mass of mixture, g	Масса отфильтрованной смеси при t=20 °С, г Mass of filtered mixture at t=20 °С, g	Масса отфильтрованной смеси при t=90 °С, г Mass of filtered mixture at t=90 °С, g	Растворяющая способность, % при t=20 °С Solvent capacity, % at t=20 °С	Растворяющая способность, % при t=90 °С Solvent capacity, % at t=90 °С
Холостая проба Blank sample	92,4	0	0	0,00	0,00
1	90,5	90,3	90,45	99,78	99,94
2	90,8	90,5	90,65	99,67	99,83
3	91,2	90,4	90,70	99,12	99,45
4	91,7	90,9	91,10	99,13	99,35
5	91,8	90,9	91,10	99,02	99,24

Закключение

Предложена простая в осуществлении экспресс-методика, позволяющая определить растворяющую способность ДСМ. Методика не требует привлечения сложных инструментальных методов анализа и математического моделирования и позволяет в короткие сроки с минимальными затратами определить растворяющую способность.

Способ оценки эффективности растворения остатка в ДСМ, учитывающий особенности процесса растворения отложений, основывающийся на статическом режиме исследований, характеризуется низкой ошибкой эксперимента и высокой точностью получаемых результатов. Использование предложенного способа позволяет исключить действие всех факторов, кроме природы растворителя, и позволяет получить эффективность, обусловленную исключительно химическим составом ДСМ и его действием на АСПО.

Проведенные мероприятия по растворению АСПО позволяют рекомендовать к использованию новый тип растворителя АСПО на основе дисульфидного масла. При этом будут решены задачи как квалифицированного использования этого побочного продукта, так и повышения эффективности очистки оборудования от АСПО.

По результатам проведенных исследований дисульфидное масло обладает растворяющей способностью по отношению к АСПО, даже при низких концентрациях (1:9).

Проведенные расчеты показывают, что оборудование при введении в сырьевой поток дисульфидного масла справится с дополнительной нагрузкой.

Изучение литературных данных и проведенные исследования позволяют предположить, что дисульфидное масло может быть использовано в качестве растворителя АСПО.

Дисульфидное масло в настоящее время закачивается в стабильный конденсат, поэтому его закачка в расширенный конденсат не нарушит технологического режима работы установки стабилизации конденсата, что и подтверждается расчетами [12–14].

Кроме того, дисульфидное масло, проходя по всей установке стабилизации, промывает тарелки колонны стабилизации, змеевики печи подогрева конденсата, трубное и межтрубное пространство теплообменного оборудования.

Литература

- 1 Бусыгина Н.В., Бусыгин И.Г. Технология переработки природного газа и газового конденсата. Оренбург, ИПК «Газпромнефть», 2002. 428 с.
- 2 Yi Z.G., Wang X.M., Ouyang M.G., Zhang D.Q. et al. Airsoil exchange of dimethyl sulfide, carbon disulfide, and dimethyl disulfide in three forests in south China // *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 2010. V. 115. №D18. P. 302. doi: 10.1029/2010JD014130
- 3 Finlayson-Pitts B.J., Pitts J.N. Acid deposition: Formation and fates of inorganic acids in the troposphere // *Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere. Theory, Experiments, and Applications*. San Diego, CA: Academic Press, 2000. P. 294–348. doi: 10.1016/B978-012257060-5/50010-1
- 4 Дюсенгалиев К.И., Серикр Т.П., Бисенов А.С. Органические дисульфиды: реакционная способность и перспективы использования. 2004.
- 5 Cerexagri I. Hydrolysis of Dimethyl Disulfide in Aqueous Media. PA: King of Prussia, 2006.
- 6 van Lerdam R.C., De Bok A., Lomans B.P., Stas A.J. et al. Volatile organic sulfur compounds in anaerobic sludge and sediments: biodegradation and toxicity // *Environ Toxicol Chem*. 2006. V. 25. № 12. P. 3101–3109.
- 7 Wildlife International. Dimethyl Disulfide: A 96-Hour Toxicity Test with the Freshwater Alga (*Anabaena flos-aquae*). Easton, MD: Wildlife International, 2008.
- 8 Мурин В.И., Кисленко Н.Н., Сурков Ю.В. Технология переработки природного газа и конденсата. Справочник. В 2 ч. М.: ООО «Недра – Бизнесцентр», 2002. 517 с.
- 9 Персиянцев М.Н. Добыча нефти в осложненных условиях. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. 653 с.
- 10 Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник. Л.: Химия, 1991. 432 с.
- 11 Сарданашвили А.Г., Львова А.Н. Примеры и задачи по технологии переработки нефти и газа. М.: Химия, 2017.
- 12 Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. 677 с.
- 13 Фомочкин А.В. Производственная безопасность. М.: Нефть и газ, 2004. 448 с.
- 14 Шарифуллин А.В. Эффективность действия прямогонных нефтяных фракций по удалению асфальтосмолопарафиновых отложений // *Нефтяное хозяйство*. 2001. № 4. С. 46–47.

References

- 1 Busygina N.V., Busygin I.G. Technology of natural gas and gas condensate. Orenburg, IPC Gazpromneft, 2002. 428 p. (in Russian).
- 2 Yi Z.G., Wang X.M., Ouyang M.G., Zhang D.Q. et al. Airsoil exchange of dimethyl sulfide, carbon disulfide, and dimethyl disulfide in three forests in south China. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 2010. vol. 115. no. D18. pp. 302. doi: 10.1029/2010JD014130
- 3 Finlayson-Pitts B.J., Pitts J.N. Acid deposition: Formation and fates of inorganic acids in the troposphere. *Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere. Theory, Experiments, and Applications*. San Diego, CA, Academic Press, 2000. pp. 294–348. doi: 10.1016/B978-012257060-5/50010-1
- 4 Dyusengaliyev K.I., Serikr T.P., Bisenov A.S. Organic disulfides: reactivity and use prospects. 2004. (in Russian).
- 5 Cerexagri I. Hydrolysis of Dimethyl Disulfide in Aqueous Media. PA, King of Prussia, 2006.
- 6 van Lerdam R.C., De Bok A., Lomans B.P., Stas A.J. et al. Volatile organic sulfur compounds in anaerobic sludge and sediments: biodegradation and toxicity. *Environ Toxicol Chem*. 2006. vol. 25. no. 12. pp. 3101–3109.
- 7 Wildlife International. Dimethyl Disulfide: A 96-Hour Toxicity Test with the Freshwater Alga (*Anabaena flos-aquae*). Easton, MD, Wildlife International, 2008.
- 8 Murin V.I., Kislenco N.N., Surkov Yu.V. Technology for processing natural gas and condensate. Directory. Moscow, Nedra-Business Center LLC, 2002. 517 p. (in Russian).
- 9 Persiyantsev M.N. Oil production in difficult conditions. Moscow, Nedra-Business Center LLC, 2000. 653 p. (in Russian).
- 10 Rabinovich V.A., Khavin Z.Ya. Brief chemical reference. Chemistry, 1991. 432 p. (in Russian).

11 Sardanashvili A.G., Lvov A.N. Examples and objectives of oil and gas processing technology. Moscow, Chemistry, 2017. (in Russian).

12 Skoblo A.I., Molokanov Yu.K., Vladimirov A.I., Schelkunov V.A. Processes and apparatuses for oil and gas refining and petrochemicals. Moscow, Nedra-Business Center LLC, 2000. 677 p. (in Russian).

13 Fomochkin A.V. Work safety. Moscow, Oil and gas, 2004. 448 p. (in Russian).

14 Sharifullin A.V. Efficiency of the action of straight-run oil fractions for the removal of asphalt-resin-paraffin deposits. Oil industry. 2001. no. 4. pp. 46–47. (in Russian).

Сведения об авторах

Константин П. Узун аспирант, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина филиал в г. Оренбурге, ул. Юных Ленинцев, 20, г. Оренбург, 460047, Россия, zavod330@gmail.com

[ID https://orcid.org/0000-0003-3634-0325](https://orcid.org/0000-0003-3634-0325)

Елена А. Чернышева к.т.н., РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, Ленинский пр-т., 65, Москва, 119991, Россия, elenchernysheva@mail.ru

[ID https://orcid.org/0000-0002-3212-3748](https://orcid.org/0000-0002-3212-3748)

Татьяна А. Курякова к.т.н., РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина филиал в г.Оренбурге, ул. Юных Ленинцев, 20, г. Оренбург, 460047, Россия, Tany_kur1975@mail.ru

[ID https://orcid.org/0000-0003-0238-2885](https://orcid.org/0000-0003-0238-2885)

Лариса В. Межуева д.т.н., профессор, кафедра пищевой биотехнологии, Оренбургский государственный университет, пр. Победы, 13, г. Оренбург, 460018, Россия, larisam57@mail.ru

[ID https://orcid.org/0000-0002-6935-8911](https://orcid.org/0000-0002-6935-8911)

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Konstantin P. Uzun graduate student, Russian State University of Oil and Gas (NRU) named after I.M. Gubkin branch in Orenburg, Young Leninists st., 20, Orenburg, 460047, Russia, zavod330@gmail.com

[ID https://orcid.org/0000-0003-3634-0325](https://orcid.org/0000-0003-3634-0325)

Elena A. Chernysheva Cand. Sci. (Engin.), Russian State University of Oil and Gas named after I.M. Gubkina, Leninsky ave, 65, Moscow, 119991, Russia, elenchernysheva@mail.ru

[ID https://orcid.org/0000-0002-3212-3748](https://orcid.org/0000-0002-3212-3748)

Tatyana A. Kuryakova Cand. Sci. (Engin.), Russian State University of Oil and Gas (NRU) named after I.M. Gubkin branch in Orenburg, Young Leninists st., 20, Orenburg, 460047, Russia, Tany_kur1975@mail.ru

[ID https://orcid.org/0000-0003-0238-2885](https://orcid.org/0000-0003-0238-2885)

Larisa V. Mezheva Dr. Sci. (Engin.), professor, food biotechnology department, Orenburg State University, Victory Ave., 13, Orenburg, 460018, Russia, larisam57@mail.ru

[ID https://orcid.org/0000-0002-6935-8911](https://orcid.org/0000-0002-6935-8911)

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 22/07/2019	После редакции 07/08/2019	Принята в печать 23/08/2019
Received 22/07/2019	Accepted in revised 07/08/2019	Accepted 23/08/2019

Экономика и управление**Economics and Management**DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-3-255-260>

Оригинальная статья / Research article

УДК 658.01

Open Access

Available online at vestnik-vsuet.ru**Формирование инвестиционной модели экономического развития предприятия**

Юлия В. Пахомова	¹	yulia198007@mail.ru	 0000-0001-6595-3118
Наталья Н. Кудрявцева	²	konnat@mail.ru	
Юлия Н. Дуванова	³	dyvanova@mail.ru	

¹ Воронежский государственный технический университет, ул. Московский проспект, 14, г. Воронеж, Россия² Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, 394036, г. Воронеж, Россия³ Военный учебно-научный центр ВВС, «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул. Старых Большевиков, 54а, г. Воронеж, Россия

Аннотация. В настоящее время не существует эффективных методик и моделей управления предприятием, представляющих собой отношения экономического субъекта, предполагающего взаимосвязь в предоставлении и потреблении товаров и услуг. Применение инновационного подхода дает возможность получить конкретные результаты деятельности предприятий, такие, как предложение товаров и услуг высокого качества, конкурентоспособные преимущества, позволяющие более гибко реагировать на изменения внутренней и внешней среды. Важными в контексте управления развитием регионального рынка услуг являются определение и анализ инвестиционной привлекательности отрасли услуг. Чем она выше, тем больше вероятность притока финансовых ресурсов в экономику отрасли. Рассмотрены основные аспекты государственного влияния на деятельность рынка услуг. Научно-технический прогресс и незамедлительный информационный обмен, повышенный интерес к сфере услуг, которая в постиндустриальном мире развивается как альтернатива сферы материального производства, как одна из важнейших форм стабилизации общественных отношений, способствуют решению задач, связанных с ограничением ресурсов. Регуляторами рыночной деятельности не создаются условия, способствующие развитию сферы услуг. Поэтому предложена модель, позволяющая регулировать отношения предприятия на основе инновационной стратегии управления предприятием, расширяющей возможности и пути повышения эффективности управления как рынком сферы услуг, так и сектором экономики в целом. Дана оценка конкурентоспособности рынка услуг, определен экономический потенциал регионального рынка услуг, представлен алгоритм разработки стратегии менеджмента, предложена модель развития регионального рынка услуг.

Ключевые слова: управление, предприятие, стратегия, модель, экономика**Formation of the investment model of economic development of the enterprise**

Yulia V. Pakhomova	¹	yulia198007@mail.ru	 0000-0001-6595-3118
Natalya N. Kudryavtseva	²	konnat@mail.ru	
Yulia N. Duvanova	³	dyvanova@mail.ru	

¹ Voronezh State Technical University, Moskovsky Prospect str., 14, Voronezh, Russia² Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution av., 19, 394036, Voronezh, Russia³ 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, Russia

Abstract. At present, there are no effective methods and models of enterprise management, which are relations of an economic entity, which implies a relationship in the provision and consumption of goods and services. Application of an innovative approach makes it possible to obtain specific results of enterprises, such as the offer of goods and services of high quality, competitive advantages, allowing more flexible response to changes in the internal and external environment. Important in the context of managing the development of the regional services market are the definition and analysis of the investment attractiveness of the service industry. The higher it is, the greater the likelihood of an influx of financial resources into the economy of the industry. The main aspects of state influence on the services market are considered. Scientific and technological progress and immediate information exchange, increased interest in the service sector, which is developing in the post-industrial world as an alternative to the sphere of material production, as one of the most important forms of stabilizing social relations, contribute to solving problems associated with limited resources. Market regulators do not create conditions conducive to the development of the service sector. Therefore, a model is proposed that allows regulating the relations of an enterprise on the basis of an innovative enterprise management strategy, expanding the possibilities and ways to improve the management efficiency of both the services market and the economic sector as a whole. An assessment of the competitiveness of the services market is given, the economic potential of the regional services market is determined, an algorithm for developing a management strategy is presented, a model for the development of a regional services market is proposed.

Keywords: management, enterprise, strategy, model, economy

Для цитирования

Пахомова Ю.В., Кудрявцева Н.Н., Дуванова Ю.Н. Формирование инвестиционной модели экономического развития предприятия // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 255–260. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-255-260

For citation

Pakhomova Yu.V., Kudryavtseva N.N., Duvanova Yu.N. Formation of the investment model of economic development of the enterprise. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 255–260. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-255-260

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

В настоящее время определяющее воздействие на развитие рынка услуг оказывает законодательное регулирование, которое содержит несколько факторов, определяющих риск развития бизнеса:

- противоречия положений местного, регионального и федерального нормативного характера;
- неполный учет результата судебных практик с применением правовых норм по вопросу, рассмотренному судом;
- неполная интерпретация судей в соответствии с новыми принятыми правилами;
- возможность государства воздействовать на решение, принимаемое судом;
- неполная проработка этапов, описывающих разорение предприятия.

Подзаконные нормативные акты, а также законы действуют с задержкой, что является существенным пробелом в их применении. Указанный недочет неблагоприятно отражается на реализации лицензий и контрактов и является необходимой защитой при предъявлении претензии.

Основная проблема в развитии рынка услуг — многоступенчатая и непрозрачная процедура при получении лицензии.

Вышеизложенное свидетельствует, что техническая политика создает административный барьер в виде дискриминирующих условий, снижая оценку инвестиционной привлекательности рынка услуг. Потребитель лишается использования современной технологии, предоставляющей дополнительные услуги.

Рыночный риск предприятия находится на низком уровне и обуславливается его позицией. Стабильный спрос на продукцию является гарантией постоянного минимального уровня дохода,

на который не оказывают влияние экономические условия и политическая ситуация в стране.

Существенное влияние государственных органов управления формирует политические риски предприятий. Сферу рынка услуг определяют экономические, правовые и организационные отношения продажи, информационные данные [7–10]. Рынок услуг формируется экономическими отношениями, связанными с формированием спроса, предложения, цены посредством обмена товара или услуги [8] (таблица 1).

С учетом национальной специфики рынок услуг характеризуется отношениями экономических субъектов, предполагающих осуществление взаимодействия в предоставлении и потреблении продукта, регулируемого органами государственной власти [6].

Инвестиционная привлекательность на рынке услуг характеризуется объемом инвестиционной деятельности, ценами товаров и услуг, объемом потребления, издержками предприятия, динамикой привлечения денежных средств [8].

Инвестиционная привлекательность отраслевого сегмента оценивается следующим образом [9]:

- определение возможности появления конкурирующих предприятий, предоставляющих товары и услуги;
- определение наличия внутриотраслевой конкуренции;
- определение влияния потребителей предприятий, воздействия макроэкономических условий развития.

Потребителей интересует качественный продукт, имеющий минимальную цену. В то же время предприятия планируют осуществить продажу продукта по высоким ценам, обеспечивающим доходность и увеличение платежеспособного спроса [2].

Таблица 1

Регулирование управленческой деятельности рынка услуг

Table 1.

Regulation management services market activity

Принцип Principle	Инструменты принципа Tools principle
1	2
Целостность Integrity	Исследование системы как единого организма, учитывая проявление свойства, внутренней связи элементов и внешней связи других объектов The research system as a single organism, given the manifestation of the properties of elements of internal communication and external communication of other objects
Иерархическая упорядоченность Hierarchical ordering	Различный иерархический уровень каждого элемента системы Different hierarchical level of each element of the system
Целевая направленность Targeting	Функционирование элементов в системе в виде единого целого Operation of the elements in the system as a whole
Необходимое разнообразие Requisite variety	Разнообразные элементы системы, ограниченные минимумом и максимумом Various elements of the system, limited to the minimum and maximum

Продолжение табл. 1 | Continuation of table 1

1	2
Эмергентность Emerzhent	Несовпадение критериев в отдельных элементах, таких как глобальная цель и системные составляющие Do not match the criteria in separate elements, such as a global goal and system components
Обратная связь Feedback	Взаимодействие взаимосвязанных элементов в системе The interaction of interrelated elements in the system
Альтернативность Alternativity	Варианты возможного решения проблем Options for possible solutions to problems

Поэтому необходимо создавать субъективные и объективные элементы, формирующие управленческую культуру, включающую стили и стратегии управления [4, 5, 8] (рисунок 1).

Современное демократическое государство может эффективно развиваться при наличии открытого, информированного общества, которому способствует развитая информационная, телекоммуникационная инфраструктура. Общественной информированностью определяется общественный интеллект, социальная воля, целенаправленность. Рост информации, знаний, информационных услуг, всех отраслей, связанных с производственной деятельностью (телекоммуникационной, компьютерной, телевизионной), является доминирующим фактором экономического развития [1].

Информационные технологии имеют всепроникающий характер и скорость проникновения на предприятии, в каждый сектор промышленности, государственного управления [3, 7].

Внутренними факторами системы, учитывающими привлекательность экономики региона и предприятий в регионе, являются:

- показатели уровня развития экономики региона и емкости рынка;
- многообразие регионального ресурса;
- инфраструктура рынка;
- доступность информации;
- другой спектр социально-экономических факторов.

Поэтому необходимо создавать субъективные и объективные элементы, формирующие управленческую культуру, включающую стили и стратегии управления [4, 5, 8]. Социально-экономический потенциал региона охватывает все ресурсы (средства, запасы, источники) – материальные, человеческие, природные, уже вовлеченные в процессы производства и социального развития, а также ресурсы, используемые для роста экономической эффективности, позволяющие укрепить социально-политическую стабильность, повысить уровень и качество жизни населения региона [4–6].

Предложенный подход к оценке социально-экономического потенциала региона включает следующие этапы [8–10].

I этап. Применение функционально-целевого подхода и возможность оценки отдельных задач.

II этап. Анализ потенциала региона. Позволяет оценить пропорциональность, сбалансированность ресурсов региона.

III этап. Разработка концепции менеджмента оценки потенциала, представленной алгоритмом (рисунок 1).

IV этап. Реализация подхода, позволяющего определить сумму отдельных (локальных) потенциалов и отразить их взаимосвязь. Применяется для оценки потенциала и инновационной стратегии развития регионального рынка услуг.

Формулировка целей для оценки потенциала Setting goals for capacity assessment
Выбор методики для определения специфики объекта и цели оценки The choice of methods for determining the specifics of the object and the purpose of the assessment
Сбор и анализ информации, статистическая обработка показателей, анализ внешних взаимодействий Collection and analysis of information, statistical processing of indicators, analysis of external interactions
Оценка потенциала в соответствии с целью Assessment of capacity according to purpose
Предложения по реализации птенциала Proposals for the implementation of potential

Рисунок 1. Алгоритм разработки концепции менеджмента

Figure 1. The algorithm of development of the concept of management

Экономический потенциал регионального рынка услуг можно оценить путем определения пяти коэффициентов [3, 7].

Экономический потенциал региона определяется по формуле:

$$K_{эл} = \frac{ВВП}{ЭП},$$

где ВВП – валовой внутренний продукт региона в текущем году; ЭП – экономический потенциал территории в годовом измерении.

Активная часть экономического потенциала региона определяется по формуле:

$$K_{\text{ЭПа}} = \frac{ВВП}{\text{ЭПа}},$$

где ЭПа – экономический потенциал региона (активная часть).

Экономические ресурсы региона оцениваются коэффициентом:

$$K_a = \frac{\text{ЭПа}}{\text{ЭП}}.$$

Эффективность экономических ресурсов региона определяется в виде коэффициента

$$K_{\text{ЭР}} = \frac{\text{ЭП}}{P},$$

где Р – стоимостное выражение экономических ресурсов, имеющихся в наличии на данной территории.

Локальный потенциал i -го вида представлен коэффициентом

$$K_{\text{Эп}i} = \frac{Дi}{\text{Эп}i},$$

где $Дi$ – фактический годовой доход, приходящийся на i -й вид экономического ресурса; $\text{Эп}i$ – экономическая оценка локального потенциала i -го вида в годовом измерении.

Суммарный экономический потенциал региона детерминирован как сумма локальных потенциалов.

Конкурентоспособность и инвестиционная привлекательность регионального рынка услуг являются существенными факторами развития региона. Их повышение даёт возможность региону конкурировать на межрегиональном и межгосударственном рынках.

Однако конкурентоспособность отрасли не всегда характеризуется конкурентоспособностью предлагаемых в данном сегменте товаров и услуг, а также спросом на них.

Конкурентоспособным является то предприятие, которое предоставляет услуги на рынке, имеющем технико-функциональные, экономические, организационные и другие характеристики, адекватные ожиданиям потребителя, определяющие его рыночную долю и препятствующие распределению в пользу другого субъекта рынка услуг.

Конкурентоспособность предприятия идентифицируется комплексом показателей функционирования на рынке услуг. Потребители выбирают предприятие, способное в полной мере удовлетворить их потребности. Факторы, определяющие успех предприятия, обусловлены новыми технологиями и инструментами

в управлении, низкой ценой товаров и услуг, высоким качеством предоставляемых дополнительных услуг, индивидуальным подходом к потребителям. Данные факторы позволяют оценить конкурентную позицию и преимущества предприятия услуг и свидетельствуют об увеличении количества конкурентов. Так как на деятельность предприятия большое влияние оказывает макросреда (внешняя среда), большое значение приобретает применение эффективных методов управления, включающих способы и действия, позволяющие предприятиям адаптироваться к внешним воздействиям и усилить конкурентную позицию. Эффективным в данном контексте является управление на основе инновационного подхода, позволяющее разработать миссию, ключевые цели, стратегию развития и способы её реализации, обеспечивающие функционирование предприятия с учетом воздействий макросреды, приводящих к изменениям внутренней среды самого предприятия.

Управление на основе инновационного подхода предполагает использование повторяющихся процедур, фаз, функций. Результатом реализации таких функций управления как анализ является оценка конкурентоспособности предприятия; прогнозирования – прогноз возможных состояний; планирования – разработка плана и стратегии развития; организации и мотивации – функционирование, мотивация, финансирование, организационное и инвестиционное проектирование; контроля и регулирования – корректировка и разработка программы, механизма деятельности.

Управление предприятием услуг на основе инновационного подхода состоит из подготовительного этапа, обеспечивающего разработку стратегии; основного этапа – реализации стратегии; заключительного этапа, в формате которого осуществляется корректировка и обратная связь.

Каждый этап включает реализацию определенных функций управления. Первый этап – анализ и прогнозирование микро- и макросреды; второй – планирование; третий – организация и мотивация, контроль и регулирование.

Макроокружение и рыночная среда подвергаются постоянному анализу. Предприятие услуг – это элемент макросреды. Соответствие деятельности предприятия условиям макросреды является необходимым требованием. Многие субъекты хозяйствования используют из макросреды ограниченные ресурсы, необходимые для того, чтобы поддержать продуктивную деятельность, а также внутренний потенциал

на адекватном уровне. При разработке стратегий управления развитием предприятий услуг следует учитывать тенденции развития внешней среды и позицию, занимаемую предприятием в макросреде, что позволяет осуществить прогноз угроз и возможностей предприятия услуг на рынке.

Микросреда предприятия услуг характеризуется ресурсной возможностью, а также потенциалом, позволяющим выиграть конкурентную борьбу. Основные составляющие микросреды предприятия услуг – это производственные, финансовые, инвестиционные, маркетинговые, организационные компоненты. Эффективное управление позволяет поддержать и расширить деятельность предприятия, обеспечить конкурентные преимущества в перспективе. Спрос и предложение, конъюнктура, организация сбытовых операций являются составляющими анализа и прогноза развития предприятий рынка услуг с учетом факторов внешней и внутренней среды.

Рыночная деятельность является многоплановым экономическим понятием, объективным явлением экономической политики, включающим людей, осуществляющих покупку с учетом происходящих изменений, затрагивающих всех участников рынка. Сферу услуг составляет купля-продажа товара или услуги, удовлетворяющей потребность отдельного лица или организации.

Финансовые, материальные ресурсы, складывающаяся экономическая обстановка в регионе оказывают влияние на разработку стратегий менеджмента, что является результатом этого этапа. Исходя из этого отдается предпочтение стратегии менеджмента и рассматриваются планы по реализации стратегии.

Заключение

На основе анализа и контроля, показывающих эффективность применения стратегии и позволяющих определить тенденции и перспективы развития предприятий рынка услуг, можно определить, насколько соответствует проводимая политика запланированным целям.

Литература

- 1 Кудрявцева Н.Н., Артеменко В.Б., Лапыгина С.А. Информационное обеспечение инновационного развития предприятия на основе использования инструментов контроллинга бизнес-процессов // Экономика и предпринимательство. 2013. № 12-4 (41). С. 704–712.
- 2 Кудрявцева Н.Н. Реализация сбалансированной системы показателей на предприятии // Инновационный Вестник Регион. 2012. № 2. С. 27–34.
- 3 Пахомова Ю.В., Кудрявцева Н.Н. Стратегии менеджмента в управлении предприятием рынка услуг // Кризис экономической системы как фактор нестабильности современного общества: материалы IV междунар. науч.-практ. конф. Саратов, 2014. С. 73–74.
- 4 Дубиновский М.З., Балдов Д.В. Административно-территориальное управление продовольственной безопасностью // Вестник НГИЭИ. 2017. № 8 (75). С. 48–55.
- 5 Kihn M. House of lies: how management consultants steal your watch and then tell you the time. 2012.
- 6 Senor Dan Start-up Nation. 2016. 198 p.
- 7 Turner R., Ledwith A. Project management in small to Medium Sized enterprises: Fitting the practices to the needs of the firm to deliver benefit // Journal of Small Business Management. 2018. V. 56. № 3. P. 475–493.
- 8 Dey P.K., Petridis N.E., Petridis K., Malesios C. et al. Environmental management and corporate social responsibility practices of small and medium-sized enterprises // Journal of cleaner production. 2018. V. 195. P. 687–702.
- 9 Collings D.G., Mellahi K., Cascio W.F. Global talent management and performance in multinational enterprises: A multilevel perspective // Journal of Management. 2019. V. 45. № 2. P. 540–566.
- 10 Hilorme T., Chorna M., Karpenko L., Milyavskiy M. et al. Innovative model of enterprises personnel incentives evaluation // Academy of Strategic Management Journal. 2018. V. 17. № 3. P. 1–6.

References

- 1 Kudryavtseva N.N., Artemenko V.B., Lapygina S.A. Information support of innovative enterprise development through the use of tools of controlling business processes. Economy and pre-preneurship. 2013. no. 12-4 (41). pp. 704–712. (in Russian).
- 2 Kudryavtseva N.N. The implementation of a balanced scorecard for the enterprise. Herald Innovative Region. 2012. no. 2. pp 27–34. (in Russian).
- 3 Pakhomova Yu.V., Kudryavtseva N.N. Management strategies in the management of a service market enterprise. The crisis of the economic system as a factor in the instability of modern society: materials of the IV intern. scientific-practical conf. Saratov, 2014. pp. 73–74. (in Russian).
- 4 Dubinovskij M.Z., Baldov D.V. Administrative and territorial management of food security. Bulletin NGIEI. 2017. no. 8 (75). pp. 48–55. (in Russian).
- 5 Kihn M. House of lies: how management consultants steal your watch and then tell you the time. 2012.
- 6 Senor Dan Start-up Nation. 2016. 198 p.
- 7 Turner R., Ledwith A. Project management in small to Medium Sized enterprises: Fitting the practices to the needs of the firm to deliver benefit. Journal of Small Business Management. 2018. vol. 56. no. 3. pp. 475–493.
- 8 Dey P.K., Petridis N.E., Petridis K., Malesios C. et al. Environmental management and corporate social responsibility practices of small and medium-sized enterprises. Journal of cleaner production. 2018. vol. 195. pp. 687–702.
- 9 Collings D.G., Mellahi K., Cascio W.F. Global talent management and performance in multinational enterprises: A multilevel perspective. Journal of Management. 2019. vol. 45. no. 2. pp. 540–566.
- 10 Hilorme T., Chorna M., Karpenko L., Milyavskiy M. et al. Innovative model of enterprises personnel incentives evaluation. Academy of Strategic Management Journal. 2018. vol. 17. no. 3. pp. 1–6.

Сведения об авторах

Юлия В. Пахомова к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности, Воронежский государственный технический университет, ул. Московский проспект, 14, г. Воронеж, Россия, yulia198007@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6595-3118>

Наталья Н. Кудрявцева к.э.н., доцент, кафедра управления материально-техническим обеспечением ВВС, ВУНЦ ВВС, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, 54а, г. Воронеж, Россия, konnat@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, 394036, Россия, dyvanova@mail.ru

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Yulia V. Pakhomova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security department, Voronezh State Technical University, Moskovsky Avenue, 14, Voronezh, Russia, yulia198007@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6595-3118>

Natalya N. Kudryavtseva Cand. Sci. (Econ.), associate professor, logistics management software department, 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, Russia, konnat@mail.ru

Yulia N. Duvanova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security and the federal monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, dyvanova@mail.ru

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 10/07/2019	После редакции 01/08/2019	Принята в печать 12/08/2019
Received 10/07/2019	Accepted in revised 01/08/2019	Accepted 12/08/2019

Повышение доходов работников: инновационный подход на основе сочетания факторов производства и потребления

Татьяна И. Овчинникова¹ mih.goz@gmail.com  0000-0003-1709-5352
Ирина А. Давыденко¹ zorina9@yandex.ru  0000-0003-1026-9882
Кирилл В. Чекудаев¹ chkv1985@mail.ru  0000-0002-1859-5917

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

Аннотация. Рассмотрены вопросы взаимосвязи современных характеристик производителя и потребителя с инновационной деятельностью как предприятия, так и сетевых структур. Выявлены проблемы, обусловленные новыми видами инновационного труда в условиях конкурентной борьбы; рассмотрена конкуренция между цепями и внутри них, трансформация конкурентных сил, взаимопроникновение результатов производителя и предложений потребителя. Исследованы пути традиционного повышения доходов: увеличение заработной платы, выплаты премий, различных доплат, надбавок, гарантийных компенсационных выплат, связанных с выполнением заданий. Изучен механизм влияния временных затрат и финансово-значимых результатов деятельности на трудовую деятельность и доходы работников рыночных структур в сравнении с деятельностью работников бюджетной сферы. Выявлены направления решения проблемы повышения доходов работников, которые лежат в плоскости сочетания производства и потребления. Авторами предлагается детальное исследование концепции повышения доходов, которая направлена на процессы совместного созидания общих ценностей участников рынка: производителей и потребителей. Она обусловлена отходом от традиционной схемы к осуществлению инновационной деятельности на предприятии, что стало возможным в силу формирования новых компетенций на основании внешних источников интеллектуального капитала, в том числе за счет создания креативной сети участников для генерирования уникальной ценности с привлечением потребителей. Рассмотренные доходы производителей в результате рыночного взаимодействия с потребителями имеют эффект создания новых ценностей наряду с владением торговой маркой, патентом, франчайзинговыми правами. Развитие отношений с потребителями и новые компетенции производителей имеют неограниченную во времени перспективу в отличие от использования и владения традиционными ресурсными объектами, имеющими конечный эффект.

Ключевые слова: доходы, производители, потребители, сетевые структуры, инновации.

Increasing employee income: an innovative approach based on a combination of factors of production and consumption

Tatiana I. Ovchinnikova¹ mih.goz@gmail.com  0000-0003-1709-5352
Irina A. Davydenko¹ zorina9@yandex.ru  0000-0003-1026-9882
Kirill V. Chekudaev¹ chkv1985@mail.ru  0000-0002-1859-5917

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The issues of the relationship of modern characteristics of the manufacturer and consumer with the innovation activity of both the enterprise and network structures are considered. The problems caused by new types of innovative labor in a competitive environment are identified; competition between the chains and inside them, the transformation of competitive forces, the interpenetration of the results of the manufacturer and consumer offers are considered. The ways of traditional income increase are investigated: increase in wages, payment of bonuses, various surcharges, allowances, guarantee compensation payments related to the performance of tasks. The mechanism of the influence of time costs and financially significant results of the activity on labor activity and incomes of workers of market structures in comparison with the activities of public sector employees is studied. The directions of solving the problem of increasing employee incomes that lie in the plane of the combination of production and consumption are identified. The authors propose a detailed study of the concept of increasing income, which is aimed at the processes of joint creation of common values of market participants: producers and consumers. It is due to the departure from the traditional scheme to the implementation of innovative activities at the enterprise, which became possible due to the formation of new competencies based on external sources of intellectual capital, including through the creation of a creative network of participants to generate unique value with the involvement of consumers. The considered incomes of producers as a result of market interaction with consumers have the effect of creating new values along with the ownership of a trademark, patent, franchise rights. The development of relations with consumers and the new competencies of manufacturers have an unlimited time perspective, in contrast to the use and ownership of traditional resource objects that have a final effect.

Keywords: revenues, manufacturers, consumers, network structures, innovations.

Введение

Доходы работников в основном состоят из заработной платы, премий, различных доплат, надбавок, гарантийных компенсационных выплат, связанных с выполнением заданий в трудовой деятельности. Уровень заработной платы как фактор рыночной экономики зависит

от взаимодействия спроса и предложения рабочей силы на рынке труда. Безусловно, определяющим условием, формирующим доходы работника определенной квалификации в рыночной среде, является спрос со стороны работодателей; этим же условием определяется степень дифференциации доходов на рынке труда.

Для цитирования

Овчинникова Т.И., Давыденко И.А., Чекудаев К.В. Повышение доходов работников: инновационный подход на основе сочетания факторов производства и потребления // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 261–266. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-261-266

For citation

Ovchinnikova T.I., Davydenko I.A., Chekudaev K.V. Increasing employee income: an innovative approach based on a combination of factors of production and consumption. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 261–266. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-261-266

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Регулятивную роль на рынке труда выполняет государство, которое посредством установления уровня гарантированного прожиточного минимума активизирует механизм непосредственного роста доходов отдельных категорий бюджетной сферы (путем повышения должностного оклада до уровня прожиточного минимума). На работников коммерческих предприятий прямое воздействие такой механизм регулирования не оказывает, однако происходит косвенное воздействие, которое проявляется в возможности сравнения временных затрат и финансово-значимых результатов деятельности работников рыночных структур с деятельностью работников бюджетной сферы. Этот механизм может вызывать перераспределение рынка труда, переток рабочей силы, а также социальное недовольство работников.

В инновационной деятельности помимо указанных условий (механизмов) важен фактор интенсификации труда, позволяющий работникам бюджетной сферы и хозяйствующим рыночным структурам добиваться сверхприбыли за счет внедрения высоких технологий и высококвалифицированного труда. С точки зрения коммерческих структур введение дополнительных стимулирующих факторов текущих результатов труда генерирует дополнительную прибыль, которая превышает объемы стимулирования. С точки зрения институциональных государственных органов рост прибыльности хозяйствующих субъектов повышает экономический рост и доходную часть бюджета за счет роста налогооблагаемой базы.

Несмотря на то что наемные работники принимают непосредственное участие в процессах создания и реализации инновационной продукции, они не задействованы в распределении результатов деятельности коммерческого предприятия, что естественным образом приводит к рассогласованию целей между работниками, с одной стороны, и собственниками и институциональными органами, с другой, в части улучшения конечных результатов деятельности.

Один из вариантов решения этого вопроса в рыночной среде лежит в плоскости трансформации акционерного капитала, что позволяет осуществить относительное выравнивание отношений наемных работников и топ-менеджеров. В качестве другого направления решения проблемы повышения доходов работников рассмотрим концепцию сочетания факторов производства и потребления, подтверждающую логику о том, что деятельность производителей,

которые являются в то же время потребителями, направлена на процессы совместного созидания общих ценностей. Эта концепция обоснована принципиально новой системой сочетания знаний и опыта: компетенции, лежащие в основе конкурентной и инновационной деятельности предприятий, дополняются использованием интеллектуального капитала потребителей, таким образом формируется креативная сеть участников созидания уникальной ценности (так называемых сосозидателей) [1].

Обсуждение

В качестве основных характеристик современного производителя-потребителя инновационной продукции можно выделить следующие:

- производитель является носителем новой идеи – идеи причастности не только к производственной, но и потребительской деятельности. В инновациях важным является не только разработка продукта, но и ощущение создания его рыночной ценности;

- в производство внедряются новые компетенции, к которым можно отнести клиентскую компоненту; в развитии бизнес-процессов принимает участие квалифицированный производитель, осознающий тот факт, что источником инноваций может являться потребитель.

Подход к развитию инноваций на основе идеи причастности к их разработке и внедрению не только производителей, но и потребителей, а также совместного создания ими ценностей базируется на переосмыслении основного принципа построения стратегических целей предприятия – принципа приоритета традиционной цели. Он заключается в изменении того факта, что рост доли предприятия на рынке обеспечивает определенный уровень прибыльности и доходов работников (цепь «производитель – потребитель»). В рассматриваемой авторами концепции на смену этой «цепи» приходит принцип, в основу которого положено увеличение доли предприятия в ресурсах (временных, денежных) не только конкретных производителей, но и потребителей.

Производители в результате отказа от традиционных представлений о приоритетах отдельных производственных функций обеспечивают признание рыночных предпочтений «в создании новой продукции на основе смещения традиционных центров значимости в теперь уже созданной цепи потребитель-производитель» [2] (рисунок 1).



Рисунок 1. Принципы, задачи и решения в цепи «производитель-потребитель»

Figure 1. Principles, tasks and solutions in the chain “producer-consumer”

При таком подходе происходит модификация взаимодействия отдельных фаз общественного воспроизводства, которые связаны с формированием потребительской (клиентской) интеллектуальной составляющей продукта, переходя из фазы объекта влияния производителя в фазу субъекта компетенций. Таким образом создается взаимопроникаемая сфера производства и потребления. Преимущества создания такой сферы заключаются в дальнейшем увеличении рынка сбыта, а для работников – в росте доходов.

Примером подобных взаимопроникновений являются услуги в сфере образования, медицины, электронной торговли, программирования. В этих сферах в результате обмена информацией и знаниями (компетенциями) возможны случаи создания нового продукта, увеличения рынков сбыта, перемены собственника, роста доходов

производителей. Так, нарастание доли научно-технических услуг в общих объемах интеллектуальных услуг на рынке дополняет значимость преподавателя в вузе интенсивной компьютерной интеллектуальной составляющей в механизме обучения и позволяет студентам совместно с преподавателями создавать новации, необходимые рынку. В результате функционирования различных программ растет значимость отечественных услуг на глобальном рынке, создаются предпосылки к увеличению доходов производителей, в том числе преподавателей вузов.

Необходимо учитывать, что в результате взаимодействия производителей и потребителей растут не только объемы продукции и доходы работников, но и риски производителей (рисунок 2).

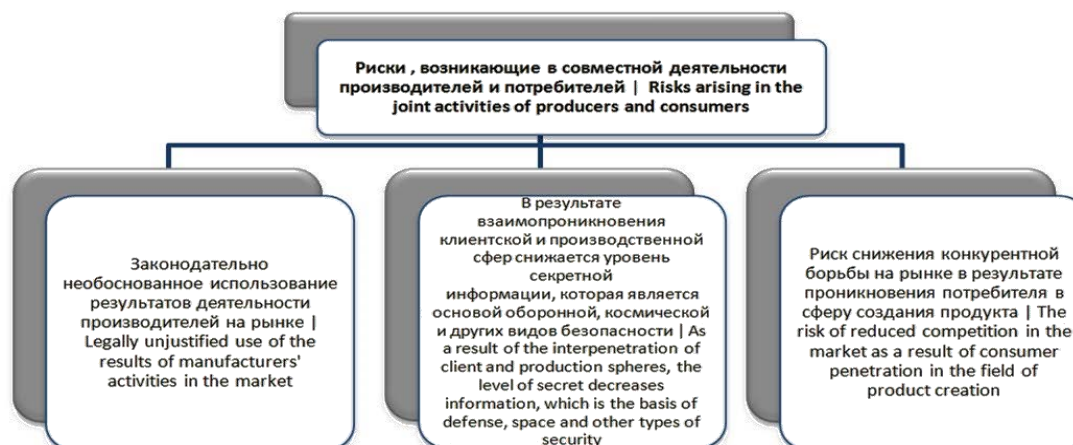


Рисунок 2. Риски производителей и потребителей

Figure 2. Risks of manufacturers and consumers

Стремительное увеличение доли интеллектуальной компоненты в производимой продукции приводит к неоднократному использованию результатов научно-технической деятельности, которые присваиваются частично или полностью как собственность либо производителя, либо клиента, который заказал продукт производителю по своим характеристикам. Риски такой совместной деятельности состоят в том, что результаты (продукты и услуги) интеллектуальной научно-технической деятельности могут стать собственностью заказчика, в этом случае работники не получают ожидаемых доходов, или собственностью производителя (в последнем случае работники также могут не получить желаемых доходов).

Риски сопряжения в деятельности производителей и потребителей обосновываются наличием так называемой «неявной компоненты знаний». Исследователь по управлению знаниями Д. Тис [3], изучая проблему рисков сопряжения производственной и потребительской деятельности (в правовой плоскости), определил, что в случае, когда знание возникло на предприятии или в НИИ, каком-нибудь вузе и принадлежит конкретному работнику доступ к нему необходимо кодировать или сразу же сертифицировать, чтобы исключить возможность потребителю или

иному производителю продавать или покупать эти знания на свободном рынке.

Для определения выгоды каждого отдельного хозяйствующего субъекта (производителя) от вхождения в «цепь производитель-потребитель», а также оценки эффекта от ее создания рассмотрим следующую модель (таблица 1).

Допустим $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ – количество предприятий на рынке, входящих в рассматриваемую цепь; x_{it} – объем возможного выпуска продукции i -м хозяйствующим предприятием в момент времени t – начала взаимодействия в цепи $x_{it} = f(S_{it})$; S_{it-1} – состояние предприятия до вхождения в цепь; α_{it} – доля основной эффективности предприятия в общей эффективности цепи; $\Delta\varphi_{St}$ – дополнительный доход каждого хозяйствующего субъекта (производителя), входящего в цепь.

Механизмы общей эффективности по выпуску продукции $Q(t) = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n \alpha_i x_{it} \rightarrow \max$ и по увеличенным доходам производителей $F(t) = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n \alpha_i \varphi_{St} \rightarrow \max$ представляют собой достаточные условия интегрирования предприятия в цепь.

Таблица 1.

Значения локальных и интегрального коэффициентов, полученные с помощью экспертизы (по пятибалльной шкале)

Table 1.

Values of local and integral coefficients obtained by examination (on a five-point scale)

Показатели Indicators	Экспертная оценка Expert review	
	до интеграции before integration	после интеграции after integration
Объем выпуска продукции Output	3	4
Доля на рынке Market share	1	1
Коэффициент рентабельности Profitability ratio	2	2
Заработная плата Wage	2	3
Интегральный коэффициент Integral coefficient	2	2,5

Основным движущим фактором объединения высокотехнологичных предприятий в «цепь производитель-потребитель» является использование дополнительных выгод от синергетического эффекта. Однако трансформация знаний от работника или заказчика до нормативно-правовой реальности (патент, сертификат на операции и процессы и т. п.) снижает присутствие «неявной компоненты знаний», тем самым закрывая доступ к их использованию другими предприятиями или заказчиками. При этом остается угроза неявных конкурентов в воспроизведении продукции и услуг, особенно тех, которые имеют длительный жизненный цикл. Также включение потребителей

в сферу создания продукта создает риски нивелирования конкурентной борьбы за рост рынка для предпринимательских структур.

Другая важная проблема, связанная с изменением доходов производителей, касается трансформации конкурентных сил. В качестве иллюстрации конкурентных отношений может служить модель пяти сил конкуренции М. Портера, которая включает в себя следующие угрозы, не позволяющие увеличивать доходы производителей [4]:

- появление продуктов-заменителей;
- появление новых игроков;
- проявление рыночной власти поставщиков;

- проявление рыночной власти потребителей;
- рост уровня конкурентной борьбы.

Современный производитель для снижения значимости вышеуказанных угроз функционирует в цепь «производитель-потребитель», создает цепочку ценностей, чтобы добиться не только конкурентных преимуществ на рынке, но и увеличения доходов.

По мнению Д. Конклина, формирующаяся форма взаимодействия между предприятиями приводит к синхронизации взаимодействия работников как организационной группы. «Такая группа как нечто целое сталкивается с конкуренцией со стороны других групп, но внутри группы организационная динамика стремится к тому, чтобы содействовать улучшению результатов каждого участника» [5].

Это ставит под сомнение ценность модели пяти сил конкуренции М. Портера для анализа организационных структур. Иностранные и отечественные ученые (К. Прахалад [6], Т.И. Овчинникова, И.Н. Булгакова [7], Ендовицкая Е.В. [8], Хорев А.И. [9] и др.) доказали не только возможность, но и эффективность сочетания и взаимопроникновения ценностей (внутри организации и вне ее), к примеру, ценового лидерства, дифференциации и диверсификации продукции, использования новых компетенций, появляющихся не только в цепи, но и на рынке.

«В современной экономической литературе большая роль отводится управлению интегрированными структурами и бизнес-группами, объединяющими инновационные проекты, крупное производство, логистические проекты, осуществляющие деятельность на основе деловых конкурентоспособных сетей» [8]. Такие взаимосвязи стоит рассматривать как цепочку создания ценности с неодинаковой эффективностью отдельных элементов. Это подтверждается ситуацией, когда эффект от использования вложенных ресурсов (в том числе интеллектуальных)

в отдельных элементах такой цепи непропорционально мал. Таким образом, владение ресурсными источниками может иметь заметно меньший эффект, чем владение интеллектуальными правами (к которым можно отнести патенты, торговые марки, франчайзинговые права и т. п.) в силу того, что он имеет конечный характер.

Стоит отметить потенциально важную перспективу взаимоотношений работников и потребителей, которые позволяют сделать предположение о том, что необходимо перемещение центров привлекательности бизнеса, центров конкуренции, т. е. самих производителей ближе к потребителям.

В обоснование своей позиции приведем слова А. Сливотски, который считает, что «сегодня заказчики осуществляют выбор не товара, а бизнес-моделей, которые их продуцируют» [9]. Воплощение этой идеи позволяет внедрять инновационные решения специалистов, предпринимателей, менеджеров, актуализируя создание цепочки ценностей между производителями и потребителями.

Заключение

Рассмотренные доходы производителей в результате рыночного взаимодействия с потребителями имеют эффект создания новых ценностей наряду с владением торговой маркой, патентом, франчайзинговыми правами. Однако отношения и новые компетенции производителей имеют неограниченную во времени перспективу в отличие от использования и владения традиционными ресурсными объектами, имеющими конечный эффект. Перспективы отношений работников в организационных структурах и их взаимодействие с потребителями позволяют выдвинуть положение о том, что инновационная и конкурентная деятельность производителей должна быть ближе к потребителям.

Литература

- 1 Дойль П. Менеджмент: Стратегия и тактика. СПб: Питер, 1999. 559 с.
- 2 Овчинникова Т.И., Борисов Б.С. Современная концепция маркетингового управления предприятием // Вестник ОрелГИЭТ. 2010. № 4 (14). С. 85–89.
- 3 Денисова Д. Время продавать знания // Эксперт. 2004. № 24 (425). URL: https://expert.ru/expert/2004/24/24exteese_29560/
- 4 Porter. M. The Five Competitive Forces That Shape Strategy // Harvard Business Review. 2008. № 86 (1). P. 78–93.
- 5 Менеджмент XXI века; под ред. С. Чоудхари; пер. с англ. М.: «ИНФРА-М», 2002. 366 с.
- 6 Прахалад К., Рамасвами В. Возможности конкуренции. Создание уникальной ценности для клиентов: пер. с англ. М.: ЗАО «Олимп – Бизнес», 2006. 352 с.
- 7 Овчинникова Т.И., Булгакова И.Н. Обоснование рыночных предпочтений в инновационных тернарных структурах // Менеджмент в России и за рубежом. 2014. № 4. С. 3–10.
- 8 Кондрашова Н.В., Ендовицкая Е.В., Давыденко И.А. Моделирование диагностических процедур оценки деятельности научно-исследовательской организации // Экономика и предпринимательство. 2012. № 4 (27) С. 210–214.
- 9 Хорев А.И., Коломыцева О.Ю., Колесникова Е.Ю. Системное управление потенциалом социально-экономического роста предприятия // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2008. № 07. С. 39–40.
- 10 Сливотски А. Миграция ценности: что будет с вашим бизнесом послезавтра?: пер. с англ. М.: Манн. Иванов и Фербер, 2006. 412 с.

- 11 Austen-Smith D. Redistributing income under proportional representation // *Journal of Political Economy*. 2000. V. 108. № 6. P. 1235–1269.
- 12 Kruse D.L. Why do firms adopt profit-sharing and employee ownership plans? // *British Journal of Industrial Relations*. 1996. V. 34. № 4. P. 515–538.
- 13 Thaler R.H., Benartzi S. Save more tomorrowTM: Using behavioral economics to increase employee saving // *Journal of political Economy*. 2004. V. 112. № 1. P. 164–187.
- 14 Pendleton A. Employee participation in employee share ownership: an evaluation of the factors associated with participation and contributions in Save As You Earn plans // *British Journal of Management*. 2010. V. 21. № 2. P. 555–570.

References

- 1 Doyle P. Management: Strategy and tactics. St. Petersburg: Peter, 1999. 555 p. (in Russian).
- 2 Ovchinnikova T.I., Borisov B.S. The modern concept of marketing enterprise management. *Bulletin of OrelGIET*. 2010. no. 4 (14). pp. 85–89. (in Russian)
- 3 Denisova D. Time to sell knowledge. *Expert*. 2004. no. 24 (425). Available at: https://expert.ru/expert/2004/24/24ex-teece_29560/ (in Russian).
- 4 Porter. M. The Five Competitive Forces That Shape Strategy. *Harvard Business Review*. 2008. no. 86 (1). pp. 78–93.
- 5 Management of the XXI century; edited by S. Chaudhary. Moscow, “INFRA-M”, 2002. 366 p. (in Russian).
- 6 Prahalad K., Ramaswami V. Ohe Future of Competition: Co-Creating Unique Value With Customers. Moscow, CJSC “Olympus-Business”, 2006. 352 p. (in Russian).
- 7 Ovchinnikova T.I., Bulgakova I.N. Justification of market preferences in innovative ternary structures. *Management in Russia and abroad*. 2014. no. 4. pp. 3–10. (in Russian).
- 8 Kondrashova N.V., Endovitskaya E.V., Davydenko I.A. Modeling diagnostic procedures of assessment in the research organization. *Economics and Entrepreneurship*. 2012. no. 4 (27). pp. 210–214. (in Russian).
- 9 Khorev A.I., Kolomytseva O.Yu., Kolesnikova Ye.Yu. System management of the potential of socio-economic growth of an enterprise. *FES: Finance. Economy. Strategy*. 2008. no. 07. pp. 39–40. (in Russian).
- 10 Slywotzky A. Value Migration: How to Think Several Moves Ahead of the Competition? Moscow, Mann. Ivanov and Ferber, 2006. 412 p. (in Russian).
- 11 Austen-Smith D. Redistributing income under proportional representation. *Journal of Political Economy*, 2000. vol. 108. no. 6. pp. 1235–1269.
- 12 Kruse D.L. Why do firms adopt profit-sharing and employee ownership plans? *British Journal of Industrial Relations*. 1996. vol. 34. no. 4. pp. 515–538.
- 13 Thaler R.H., Benartzi S. Save more tomorrowTM: Using behavioral economics to increase employee saving. *Journal of political Economy*. 2004. vol. 112. no. 1. pp. 164–187.
- 14 Pendleton A. Employee participation in employee share ownership: an evaluation of the factors associated with participation and contributions in Save As You Earn plans. *British Journal of Management*. 2010. vol. 21. no. 2. pp. 555–570.

Сведения об авторах

Татьяна И. Овчинникова д.э.н., профессор, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mih.goz@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-1709-5352>

Ирина А. Давыденко доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, zorina9@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1026-9882>

Кирилл В. Чекудаев к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, chkv1985@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1859-5917>

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Tatiana I. Ovchinnikova Dr. Sci. (Econ.), professor, department of economic security and financial monitoring, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mih.goz@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-1709-5352>

Irina A. Davydenko assistant professor, department of economic security and financial monitoring, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, zorina9@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1026-9882>

Kirill V. Chekudaev Can. Sci. (Econ.), associate professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, chkv1985@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1859-5917>

Contribution

Authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 07/05/2019	После редакции 04/06/2019	Принята в печать 17/08/2019
Received 07/05/2019	Accepted in revised 04/06/2019	Accepted 17/08/2019

Оценка системы экономической безопасности организации

Ирина В. Платонова¹ aniri_78@mail.ru  0000-0002-3213-9854

Екатерина В. Горковенко¹ gorek@mail.ru  0000-0001-9699-4238

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

Аннотация. В современных условиях понятие «безопасность» широко используется во всех сферах деятельности, оно прочно вошло в нашу жизнь. Экономическая безопасность организаций, в частности, тесно связана с производством продукции, выполнением работ и оказанием услуг. Эффективность работы хозяйствующих субъектов определяет экономическое состояние государства в целом. Обеспечение системы экономической безопасности предприятия – это сложный процесс, требующий огромных организационных, экономических, политических, финансовых, материально-технических, информационных и других усилий субъекта безопасности. Система экономической безопасности организации должна строиться с учетом индивидуальных особенностей предприятия, ее структура и суть зависят от законодательной базы, понимания сотрудниками политики безопасности, практического опыта и знаний руководителей, и при всем этом соответствовать нормам и принципам законности. Эффективное обеспечение системы экономической безопасности организации – это процесс реализации функциональных составляющих экономической безопасности, целью которых является предотвращение возможных ущербов и достижение максимального уровня экономической безопасности предприятия в настоящий момент времени и в будущем. Именно грамотно сформированная система экономической безопасности позволяет сконцентрировать максимум усилий на стратегическом развитии предприятия, обеспечить его полную экономическую защиту и независимость.

Ключевые слова: экономическая безопасность организации, система экономической безопасности, индикаторы экономической безопасности предприятия, угрозы

Assessment of the organization's economic security system

Irina V. Platonova¹ aniri_78@mail.ru  0000-0002-3213-9854

Ekaterina V. Gorkovenko¹ gorek@mail.ru  0000-0001-9699-4238

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. In modern conditions, the concept of «security» is widely used in all spheres of activity, it is firmly embedded in our life. The economic security of organizations, in particular, is closely related to the production of products, performance of works and provision of services. The efficiency of economic entities determines the economic state of the state as a whole. Ensuring the system of economic security of the enterprise is a complex process that requires huge organizational, economic, political, financial, logistical, information and other efforts of the security subject. The system of economic security of the organization should be built taking into account the individual characteristics of the enterprise, its structure and essence depends on the legislative framework, the understanding of security policy by employees, practical experience and knowledge of managers, and at the same time comply with the norms and principles of legality. Effective provision of the system of economic security of the organization is the process of implementation of functional components of economic security, the purpose of which is to prevent possible damages and achieve the maximum level of economic security of the enterprise at the present time and in the future. It is a well-formed system of economic security that allows you to concentrate maximum efforts on the strategic development of the enterprise, to ensure its full economic protection and independence.

Keywords: economic security of the organization, the system of economic security, indicators of economic security of the enterprise, threats

Введение

Среди проблем в изучении обеспечения экономической безопасности организации можно назвать отсутствие общепринятого метода комплексной оценки экономической безопасности хозяйствующего субъекта. Учитывая разноплановость категории «экономическая безопасность предприятия», для ее оценки авторы используют различные подходы: ресурсно-функциональный; индикативный; программно-целевой; подход, основанный на показателях, характеризующих финансово-хозяйственную деятельность предприятия; подход, основанный на оценке рисков,

Для цитирования

Платонова И.В., Горковенко Е.В. Оценка системы экономической безопасности организации // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 267–275. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-267-275

и др. [1–3]. Наиболее часто применяемым является индикативный метод.

Стандартная структура индикаторов экономической безопасности компании включает в себя следующие группы: производственные, финансовые и кадровые (социальные) индикаторы. Перечень показателей экономической безопасности организации (ЭБО) внутри группы определяется каждым предприятием самостоятельно в зависимости от его специфики, используемых подходов к управлению, роли в отрасли.

For citation

Platonova I.V., Gorkovenko E.V. Assessment of the organization's economic security system. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 267–275. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-267-275

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Такой перечень относится к конфиденциальной информации. Эффективность определения параметров пороговых значений индикаторов ЭБО напрямую зависит от достоверности и управленческого потенциала используемой информации. Выбор конкретных индикаторов экономической безопасности организации связан с характером преобладающих угроз, уровнем квалификации аналитического и управленческого персонала, качеством документооборота и информационных коммуникаций на предприятии, наличием современного программного обеспечения.

Результаты и обсуждение

Рассмотрим комплексную оценку системы экономической безопасности на примере

ООО «Дубрава». Основным видом деятельности хозяйствующего субъекта является разведение молочного крупного рогатого скота и производство сырого молока. Анализ системы экономической безопасности начнем с производственных индикаторов. Основные фонды относятся к одному из элементов производственного процесса. От эффективности их использования в значительной степени зависят конечные результаты производственно-хозяйственной деятельности организации в целом [4–5]. При анализе эффективности использования основных производственных фондов предприятия обычно используются три основных показателя – фондоотдача, фондоемкость, фондорентабельность (таблица 1).

Таблица 1.

Анализ эффективности использования основных производственных фондов ООО «Дубрава»

Table 1.

Analysis of the efficiency of the use of fixed assets of LLC Dubrava

Показатели Indicators	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015–2017 гг.
Фондоотдача Capital productivity	0,28	0,21	0,70	0,42
Фондоемкость Capital intensity	3,57	4,70	1,43	-2,14
Фондорентабельность, % Fund profitability	-1,60	15,28	0,65	2,25

Анализируя данные таблицы 1, можно сделать вывод, что эффективность использования основных производственных фондов ООО «Дубрава» за исследуемый период повысилась. По сравнению с 2015 г. увеличился показатель фондоотдачи и фондорентабельности, а фондоемкость, напротив, уменьшилась.

Все это говорит о повышении результативности использования основных средств предприятия. Для более детальной оценки эффективности использования основных производственных фондов рассчитаем коэффициенты их движения (таблица 2).

Таблица 2.

Показатели движения основных производственных фондов ООО «Дубрава»

Table 2.

Indicators of movement of fixed assets of LLC Dubrava

Показатели Indicators	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Коэффициент обновления основных средств, % The coefficient of renovation of fixed assets, %	53,3	11,4	0,2
Коэффициент выбытия основных средств, % Disposal ratio of property, plant and equipment, %	8,9	2,0	4,0
Коэффициент интенсивности обновления основных средств, % The coefficient of intensity of updating fixed assets, %	8,6	15,9	2220,7

Анализ движения основных производственных фондов показал, что наиболее активное обновление основных средств осуществлялось в 2015 г., более 50% фондов было обновлено. В дальнейшем темп поступления снизился. То же самое наблюдается и по выбытию.

Далее перейдем к оценке финансовой составляющей экономической безопасности

организации. Для этого проанализируем платежеспособность, финансовую устойчивость и рентабельность хозяйственной деятельности. Рентабельность – это относительный показатель экономической эффективности. Рентабельность предприятия комплексно отражает степень защиты предприятия от рисков и эффективность использования материальных, трудовых и денежных и других ресурсов [6–7] (таблица 3).

Таблица 3.

Анализ рентабельности ООО «Дубрава»

Table 3.

Profitability analysis of LLC Dubrava

Показатели Indicators	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2015–2017 гг.
Выручка от продаж, тыс. р. Proceeds from sales, thousand rubles	54132	57328	193812	139680
Себестоимость продукции, тыс. р. Production cost, thousand rubles	103874	65208	195687	91813
Прибыль от продаж, тыс. р. Profit on sales, thousand rubles	-49742	-7880	-1875	47867
Прибыль до налогообложения, тыс. р. Profit before tax, thousand rubles	-3097	41131	1815	4912
Чистая прибыль, тыс. р. Net profit, thousand rubles	-3100	41126	590	3690
Стоимость активов, тыс. р. Value of assets, thousand rubles	687719	711282	794767	107048
Собственный капитал, тыс. р. Own capital, thousand rubles	-21565	19561	299322	320887
Рентабельность продукции, % Product profitability, %	-47,89	-12,08	-0,96	46,93
Рентабельность продаж, % Profitability of sales, %	-91,89	-13,75	-0,97	90,92
Рентабельность собственного капитала, % Return on equity, %	-14,38	210,24	0,20	14,18
Рентабельность активов, % Return on assets, %	-0,45	5,78	0,23	0,68

Данные таблицы 3 свидетельствуют о достаточно печальном состоянии дел в организации. Показатели финансовых результатов оставляют желать лучшего. ООО «Дубрава» 2015 г. завершила с убытками. В дальнейшем ситуация немного улучшилась, убытки сократились, а некоторые показатели финансовых результатов достигли положительных значений. Однако вызывает огорчение отрицательная рентабельность продукции и продаж. Все это свидетельствует об угрозе экономической безопасности организации.

В условиях кризиса неплатежей и применения ко многим предприятиям процедур

банкротства, объективная оценка их финансового состояния имеет важное значение. Главными критериями такой оценки являются показатели платежеспособности и ликвидности. В таблице 4 представлена оценка ликвидности бухгалтерского баланса ООО «Дубрава».

Анализ выявил, что у ООО «Дубрава» в 2015–2017 гг. бухгалтерский баланс нельзя признать абсолютно ликвидным, т. к. нормативное соотношение между группами активов и пассивов не выполняется:

$A_1 < П_1$; $A_2 > П_2$; $A_3 < П_3$; $A_4 > П_4$ (таблица 5).

Таблица 4.

Анализ ликвидности бухгалтерского баланса ООО «Дубрава»

Table 4.

Liquidity analysis of the balance sheet of LLC Dubrava

Актив Asset	Сумма, тыс. р. Amount, thousand rubles			Пассив Liability	Сумма, тыс. р. Amount, thousand rubles		
	2015	2016	2017		2015 г.	2016 г.	2017 г.
A_1	50245	4888	126	$П_1$	312815	346593	199888
A_2	35990	9760	12732	$П_2$	3407	0	2797
A_3	121888	183732	303032	$П_3$	393062	345128	292760
A_4	479596	512902	478877	$П_4$	-21565	19561	299322
Баланс Balance	687719	711282	794767	Баланс Balance	687719	711282	794767

Таблица 5.

Анализ платежеспособности ООО «Дубрава»

Table 5.

Analysis of solvency of LLC Dubrava

Показатель Indicator	Норматив Normative	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Изменения Changes
Коэффициент абсолютной ликвидности Absolute liquidity ratio	$>0,1$	0,159	0,014	0,001	-0,158
Коэффициент промежуточной ликвидности Intermediate liquidity ratio	$>0,7$	0,273	0,042	0,063	-0,209
Коэффициент текущей ликвидности Current liquidity ratio	> 1	0,658	0,572	1,559	0,900
Общий показатель платежеспособности The General solvency ratio	> 1	0,242	0,144	0,337	0,095

Таким образом, ООО «Дубрава» нельзя признать платежеспособным предприятием. Хозяйство испытывает проблемы со своевременным погашением долгов. Все рассчитанные коэффициенты не достигают нормативных значений.

При оценке финансовой составляющей экономической безопасности организации невозможно обойтись без анализа финансовой устойчивости. Финансовая устойчивость – это

составная часть общей устойчивости предприятия, его независимость от внешних источников финансирования, сбалансированность финансовых потоков, наличие средств, позволяющих предприятию поддерживать свою деятельность в течение определенно долгого периода времени [8]. В процессе анализа используют ряд показателей (таблица 6).

Таблица 6.

Ошибка! Закладка не определена. Анализ финансовой устойчивости ООО «Дубрава»

Table 6.

Analysis of financial stability of LLC Dubrava

Показатель Indicator	Норматив Normative	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Изменение Changes
Коэффициент капитализации The capitalization rate	< 1	-32,891	35,362	1,655	34,546
Коэффициент обеспеченности собственными источниками финансирования Ratio of provision with own sources of financing	> 0,1	-2,408	-2,487	-0,568	1,840
Коэффициент финансовой независимости (коэффициент автономии) The financial independence ratio (autonomy ratio)	> 0,5	-0,031	0,028	0,377	0,408
Коэффициент финансирования Funding ratio	> 1	-0,030	0,028	0,604	0,635
Коэффициент финансовой устойчивости The ratio of financial stability	> 0,6	0,516	0,506	0,745	0,229
Коэффициент маневренности собственного капитала Coefficient of maneuverability of equity capital	0,2–0,5	23,240	-25,221	-0,600	-23,839

По данным таблицы 6 видно, что рассчитанные показатели не соответствуют нормативным ограничениям, ООО «Дубрава» полностью зависит от заемных средств.

Для обобщающей оценки финансовой безопасности воспользуемся балльной методикой: в зависимости от полученных значений финансовых коэффициентов предприятию присваиваются определенные баллы, сумма которых позволяет отнести организацию к одному из пяти классов.

1-й класс – предприятия с абсолютной финансовой устойчивостью.

2-й класс – предприятия с нормальным финансовым состоянием.

3-й класс – предприятия со средним финансовым состоянием.

4-й класс – предприятия с неустойчивым финансовым состоянием.

5-й класс – предприятия с кризисным финансовым состоянием (таблица 7).

Таблица 7.

Комплексная оценка финансового состояния ООО «Дубрава»

Table 7.

Comprehensive assessment of the financial condition of LLC Dubrava

Показатель Indicator	2015 г.		2016 г.		2017 г.	
	Значение Value	Баллы Points	Значение Value	Баллы Points	Значение Value	Баллы Points
Коэффициент абсолютной ликвидности Absolute liquidity ratio	0,159	3,8	0,014	0	0,001	0
Коэффициент промежуточной ликвидности Intermediate liquidity ratio	0,273	0	0,042	0	0,063	0
Коэффициент текущей ликвидности Current liquidity ratio	0,658	0	0,572	0	1,559	14,8
Коэффициент финансовой независимости The financial independence ratio	-0,031	0	0,028	0	0,377	6,2
Коэффициент обеспеченности собственными источниками финансирования Ratio of provision with own sources of financing	-2,408	0,2	-2,487	0,2	-0,568	0,2
Коэффициент капитализации The capitalization rate	-32,891	0	35,362	0	1,655	0
Коэффициент финансирования Funding ratio	-0,030	0	0,028	0	0,604	10
Коэффициент финансовой устойчивости The ratio of financial stability	0,516	2	0,506	2	0,745	4
Итого Total		6		2,2		35,2

Комплексная оценка финансового состояния ООО «Дубрава» показала, что в 2015–2016 гг. по сумме набранных баллов, предприятие относилось к 5-му классу, т. е. это предприятие с кризисным финансовым состоянием. В 2017 г. ситуация немного улучшилась и финансовое состояние хозяйства можно охарактеризовать как неустойчивое (4-й класс). Имеется определенный финансовый риск, структура капитала неудовлетворительная, платежеспособность находится

на границе допустимого уровня, прибыли хватает только для обязательных платежей в бюджет. Таким образом, ООО «Дубрава» не отвечает требованиям финансовой безопасности.

Заключительным этапом анализа системы экономической безопасности организации является анализ социально-трудовых (кадровых) показателей (таблица 8).

Таблица 8.

Анализ социально-трудовых показателей ООО «Дубрава»

Table 8.

Analysis of social and labor indicators of LLC Dubrava

Показатель Indicator	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Среднесписочная численность работников, чел. Average number of employees, people	62	69	73
Фонд заработной платы, тыс. р. Wage fund	15861	19793	24539
Среднегодовая зарплата 1 чел., р. Average annual salary 1 person, rubles	255816	286848	336156
Среднемесячная зарплата 1 чел., р. Average monthly salary 1 person, rubles	21318	23904	28013
Средний уровень зарплаты по региону, р. Average salary in the region, rubles	24432	24492	25287
Уровень оплаты труда по отношению к среднему уровню оплаты по региону, % The level of remuneration in relation to the average level of remuneration in the region, %	87	98	111
Коэффициент оборота по приему, % The turnover rate for receiving, %	1,6	11,6	8,2
Коэффициент оборота по выбытию, % The turnover rate of disposal, %	3,2	1,4	2,7
Коэффициент текучести кадров, % The turn overrate, %	3,2	1,4	2,7

Растущий размер оплаты труда как в абсолютном выражении, так и по отношению к средней зарплате по региону говорит о стремлении организации создать хорошие условия труда для своих работников. Что положительным образом сказывается на их производительности, климате в коллективе, желании работать и развиваться. Все это в конечном итоге повлияет

на повышение финансово-хозяйственных показателей предприятия. Таким образом, можно сделать вывод о достаточной кадровой безопасности организации.

Перейдем к интегральной оценке системы экономической безопасности организации (таблица 9).

Таблица 9.

Интегральная балльная оценка системы экономической безопасности организации

Table 9.

Integral point assessment of the economic security system of the organization

Критерии оценки Evaluation criterion	Количество баллов Number of points			
	от 0 до 2	от 2 до 5	от 5 до 8	от 8 до 10
Эффективность использования основных фондов Efficiency of use of fixe das sets	Неэффективно Inefficiently	Низкая Low	Средняя Average	Высокая High
Рентабельность деятельности The profitability of activities	Убыточная Unprofitable			
Платежеспособность организации Solvency of the organization	Критическая Critical			
Финансовая устойчивость организации Financial stability of the organization	Кризисное состояние Crisis state	Неустойчивое состояние Unstable state	Нормальное состояние Normal condition	Абсолютная устойчивость Absolute stability
Уровень кадровой безопасности The level of personnel security	Низкий уровень Low level	Удовлетворительный уровень Satisfactory level	Средний уровень Average level	Высокий уровень High level

В соответствии с фактическим уровнем показателей устанавливается количество баллов по каждому из критериев, которое должно быть умножено на весовой коэффициент соответствующей категории, после чего суммируются данные всех категорий. Таким образом, используя эти параметры, определяется общая сумма

баллов. В зависимости от общей суммы баллов определяется, к какому из 4-х классов экономической безопасности относится предприятие (таблица 10) [9].

Проведем интегральную оценку экономической безопасности ООО «Дубрава» (таблица 11).

Таблица 10.

Классы предприятий по уровню экономической безопасности

Table 10.

Classes of enterprises by level of economic security

Класс Class	Баллы Points	Характеристика Characteristic
1	80–100	Предприятия с высокой степенью экономической безопасности, устойчивые к возможным кризисам Crisis-resistant enterprises
2	50–79	Предприятия с нормальной степенью экономической безопасности; последствия внешних угроз будут существенны, но устранимы Enterprises with a normal degree of economic security; the consequences of external threats will be significant but removable
3	20–49	Предприятия с проблемным состоянием экономической безопасности. Последствия кризисов могут быть катастрофичны для существования Enterprises with a problem state of economic security. The consequences of crises can be disastrous for existence
4	0–19	Предприятия высочайшего риска, практически несостоятельные уже в настоящий момент Highest-risk enterprises, almost insolvent at the moment

Таблица 11.

Интегральная оценка экономической безопасности ООО «Дубрава»

Table 11.

Integrated assessment of economic security of LLC Dubrava

Критерии оценки Evaluation criterion	Количество баллов Number of points		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Эффективность использования основных фондов Efficiency of using fixed assets	Неэффективно Inefficiently	Низкая Low	Низкая Low
Рентабельность деятельности The profitability of activities	Убыточная Unprofitable	Убыточная Unprofitable	Убыточная Unprofitable
Платежеспособность организации Solvency of the organization	Критическая Critical	Критическая Critical	Низкая Low
Финансовая устойчивость организации Financial stability of the organization	Кризисное состояние Crisis state	Неустойчивое состояние Unstable state	Неустойчивое состояние Unstable state
Уровень кадровой безопасности The level of personnel security	Низкий уровень Low level	Низкий уровень Low level	Удовлетворительный уровень Satisfactory level
Итого Result	10	16	22

Из таблицы 11 видно, что состояние экономической безопасности организации на протяжении анализируемого периода улучшалось. В настоящий момент ООО «Дубрава» можно отнести к 3-му классу, т. е. имеются определенные проблемы с экономической безопасностью. Однако наблюдаемая положительная динамика в изменении показателей позволяет надеяться, что если предприятие приложит определенные усилия, то можно добиться нормального уровня экономической безопасности.

Одним из важнейших стратегических направлений формирования и обеспечения системы экономической безопасности предприятия является выявление, предотвращение, нейтрализация, пресечение, локализация, опасностей и угроз, а в случае необходимости возмещение ущерба при восстановлении объектов защиты, пострадавших в результате противоправных действий, халатности и форс-мажорных обстоятельств.

Специфика деятельности сельскохозяйственных предприятий требует налаживания механизма двойной адаптации к рыночным и природно-климатическим условиям. Повышенная рискованность связана с сезонностью и низкой технологичностью производства, использованием природных ресурсов, низкой эластичностью спроса на сельскохозяйственную продукцию и ее способностью быстро портиться, природно-климатическими факторами и использованием земли как основного средства производства [10].

Сельскохозяйственные предприятия занимают определяющее место в развитии сельских территорий. Для большинства сельских поселений они являются основным источником рабочих мест и социального воспроизводства. Именно поэтому управление экономической безопасностью сельскохозяйственных предприятий имеет не только сугубо экономический характер, но и глубокий социальный аспект.

Главная цель экономической безопасности сельскохозяйственного предприятия заключается в том, чтобы гарантировать его стабильное и максимально эффективное функционирование в текущий момент и высокий потенциал развития в будущем. Экономическая безопасность организации достигается в тех случаях, когда она является финансово устойчивой, способна предотвращать негативное воздействие внутренних и внешних рисков, а ее ресурсный потенциал, организационная и управленческая структуры соответствуют целям и задачам деятельности.

Экономическая безопасность сельскохозяйственных предприятий является критерием надежности их партнерства в бизнесе и способности обеспечивать перерабатывающие предприятия сырьем, а население – продуктами питания. Ситуация, возникшая в агропромышленном комплексе России (постоянный рост цен на горюче-смазочные материалы, недостаточное финансирование сельского хозяйства, нестабильность экономической и политической ситуации в государстве), создает систему угроз для сельскохозяйственных предприятий в форме потери прибыли и финансовой независимости. В основном такие угрозы имеют характер внешних воздействий, которые трудно устранить только силами аграрных товаропроизводителей.

Результаты проведенных исследований показывают, что в зависимости от масштабов исследуемой системы, угрозы экономической безопасности сельскохозяйственного предприятия могут формироваться как на национальном, региональном, отраслевом уровнях, так и на непосредственном уровне отдельного субъекта хозяйствования. На наш взгляд, все эти уровни определенным способом взаимосвязаны, где главное место принадлежит сельскохозяйственному экономическому субъекту.

На национальном уровне экономическая безопасность сельскохозяйственных предприятий определяется регулированием цен и тарифов, государственной поддержкой товаропроизводителей из-за введения особого режима налогообложения сельскохозяйственных предприятий, предоставлением дотаций, льготных кредитов, обеспечением льготных условий страхования, государственным обеспечением лизинга сельскохозяйственной техники, сертификацией продукции, ограничением импорта сельскохозяйственной продукции тарифными и нетарифными мерами.

Экономическая безопасность сельскохозяйственных организаций на региональном уровне предполагает принятие региональных программ развития производства и обеспечения

потребления сельскохозяйственной продукции. Такие программы включают финансовую поддержку производителей сельскохозяйственной продукции с использованием средств регионального бюджета, регулирование выбросов вредных веществ, мониторинг состояния природной среды, в которой происходит производство сельскохозяйственной продукции, создание объектов производственной инфраструктуры и компенсация расходов на содержание социальной инфраструктуры.

Отраслевой уровень предусматривает создание ассоциаций товаропроизводителей, формирование горизонтальных и вертикальных интеграционных структур, предотвращения злоупотреблений монопольной властью на рынках сельскохозяйственной продукции со стороны трейдеров и поставщиков техники, материалов и услуг.

Экономическая безопасность на уровне сельскохозяйственного экономического субъекта является сложным по своему содержанию понятием, охватывающим ряд возможных составляющих экономической безопасности субъекта хозяйствования. Так, к основным проблемам экономической безопасности сельскохозяйственных предприятий можно отнести:

- низкий уровень ресурсно-технического обеспечения (невозможность обеспечить производство материальными ресурсами в необходимом объеме);
- ограниченность собственных финансовых средств;
- отсутствие капиталовложений (делает невозможным процесс воспроизводства основных средств);
- низкий уровень производительности труда работников;
- нехватка квалифицированных кадров на предприятиях;
- нерациональное использование земельных ресурсов;
- низкий уровень ценовой конкурентоспособности предприятий.

Система индикаторов экономической безопасности предприятия, получивших количественное выражение, позволяет заблаговременно сигнализировать предприятию о грозящих опасностях (угрозах) и предпринимать меры по их предупреждению. В результате анализа значений количественных показателей (индикаторов уровня системы экономической безопасности) выделяют четыре состояния экономической безопасности предприятия [11] (таблица 12).

Таблица 12.

Состояния экономической безопасности предприятия

Table 12.

The state of economic security of the enterprise

Состояние Condition	Характеристика Characteristic
Нормальное Normal	Индикаторы экономической безопасности имеют предельно допустимые значения для эффективной работы предприятия, а степень использования имеющегося потенциала соответствует технически обоснованным нормативам загрузки оборудования и площадей Economic security indicators have maximum permissible values for the efficient operation of the enterprise, and the degree of use of the existing potential corresponds to technically sound standards for loading equipment and space
Предкризисное Pre-crisis	Переступается предельно допустимое значение хотя бы одного из индикаторов экономической безопасности, а другие приблизились к некоторой окрестности своих пороговых значений и при этом не были утрачены технические и технологические возможности улучшения условий и результатов производства путём принятия к угрозам мер предупредительного характера The maximum permissible value of at least one of the indicators of economic security is crossed, while others approached a certain neighborhood of their threshold values and at the same time, the technical and technological possibilities for improving the conditions and results of production by taking preventative measures to threats were not lost
Кризисное Crisis	Переступается предельно допустимое значение большинства основных индикаторов экономической безопасности, и появляются признаки необратимости спада производства и утраты потенциала вследствие истощения технического ресурса оборудования и площадей The maximum permissible value of most of the main indicators of economic security is crossed, and there are signs of irreversibility of a decline in production and loss of potential due to the exhaustion of the technical resource of equipment and areas
Критическое Critical	Переступается предельно допустимое значение всех индикаторов экономической безопасности, вследствие чего предприятие утрачивает возможность осуществлять свою деятельность в целом The maximum permissible value of all indicators of economic security is crossed, as a result of which the enterprise loses the opportunity to carry out its activities as a whole

Учитывая результаты проведенного анализа, состояние системы экономической безопасности ООО «Дубрава» можно охарактеризовать следующими данными:

- рост показателя фондоотдачи на 0,42 р. или в 2,5 раза, увеличение коэффициента фондорентабельности на 2,25 процентных пункта за 2015–2017 гг., а также снижение фондоемкости на 2,14 р. говорит об улучшении эффективности использования основных производственных фондов ООО «Дубрава»;

- в 2015 г. произошло масштабное обновление основных средств предприятия. Было обновлено более половины основных фондов, что говорит о совершенствовании материально-технической базы производства. В последующие годы темп обновления замедлился, но это и не удивительно;

- за 2015–2017 гг. произошел значительный рост показателей рентабельности, однако не смотря на положительную динамику по этому направлению у предприятия имеются определенные проблемы. Операционная прибыль организации на протяжении исследуемого периода имела отрицательные значения. За три года убытки существенно сократились, но все еще имеют место быть, наличие угрозы очевидно;

- в 2015–2017 гг. у ООО «Дубрава» коэффициенты абсолютной, промежуточной, текущей ликвидности и общий показатель платежеспособности не соответствуют нормативным ограничениям, что свидетельствует о неплатежеспособности предприятия;

- значения коэффициентов финансовой устойчивости за анализируемый период не соответствуют нормативным ограничениям, что говорит о высокой зависимости хозяйства от заемных средств;

- что касается социально-трудовых показателей, то здесь дело обстоит гораздо лучше. Уровень оплаты труда увеличился как в абсолютном выражении, так и по отношению к средней зарплате по региону, коэффициент оборота по выбытию ниже, чем по приему, да и в целом текучесть кадров невелика, т. е. с этой стороны предприятию опасаться нечего.

Заключение

Основными реальными внутренними угрозами экономической безопасности ООО «Дубрава» являются: получение убытка; невозможность расплатиться по своим обязательствам; финансовая неустойчивость.

Литература

- 1 Andruseac G. Economic security – new approaches in the context of globalization // CES Working Papers. 2016. № 7. P. 232–240.
- 2 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.
- 3 Hacker J.S. The economic security index: a new measure for research and policy analysis // Working Paper. 2017. № 22. P. 16–21.
- 4 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.
- 5 Sandri D. Growth and capital flows with risky entrepreneurship // American Economic Journal. 2017. № 3. P. 112–123.
- 6 Peppers S.F. Entrepreneurial security: a free-market model for national economic security // Economics and statistics. 2017. № 1. P. 28–36.
- 7 Светланов А.Г. Современное состояние и оценка экономической безопасности организации АПК // Экономика региона. 2018. № 3. С. 22–29.
- 8 Иголкина Т.И. Совершенствование инструментария оценки финансового состояния в системе обеспечения экономической безопасности предприятия // Прорывные научные исследования: проблемы, закономерности, перспективы. 2018. № 3. С. 179–181.
- 9 Сапунова А.Р. Основные направления совершенствования системы экономической безопасности предприятия // Вестник научных конференций. 2019. № 1. С. 106–108.
- 10 Nanto D.K. Economics and national security: issues and implications // Yale Law Journal. 2016. № 4. P. 134–142.
- 11 Богачев А.И. Агро страхование – основа продовольственной безопасности и устойчивого наращивания производства в под отраслях животноводства // Аграрный вестник Верхневолжья. 2017. № 4. С. 144–151.
- 12 Игошин А.Н., Черемухин А.Д. Особенности воспроизводства человеческого капитала в контексте оценки эффективности работы организации // Вестник НГИЭИ. 2017. № 5 (72). С. 96–113.

References

- 1 Andruseac G. Economic security – new approaches in the context of globalization. CES Working Papers. 2016. no. 7. pp. 232–240.
- 2 Platonova I.V., Gorkovenko E.V., Getmanova A.A. The concept of the economic security of an organization and its assessment tools. Economics and Entrepreneurship. 2015. no. 4–1 (57). pp. 722–724. (in Russian).
- 3 Hacker J.S. The economic security index: a new measure for research and policy analysis. Working Paper. 2017. no. 22. pp. 16–21.
- 4 Gorkovenko E.V., Platonova I.V., Chekudaev K.V. Analysis of the economic security of the Central Black Earth region. Economics and Entrepreneurship. 2017. no. 8–3 (85). pp. 253–258 (in Russian).
- 5 Sandri D. Growth and capital flows with risky entrepreneurship. American Economic Journal. 2017. no. 3. pp. 112–123.
- 6 Peppers S.F. Entrepreneurial security: a free-market model for national economic security. Economics and statistics. 2017. no. 1. pp. 28–36.
- 7 Svetlanov A.G. Current state and assessment of the economic security of the organization of the agro-industrial complex. Economy of the region. 2018. no. 3. pp. 22–29 (in Russian).
- 8 Igolkina T.I. Improving the tools for assessing the financial condition in the system of ensuring the economic security of the enterprise. Breakthrough scientific research: problems, patterns, prospects. 2018. no. 3. pp. 179–181. (in Russian).
- 9 Sapunova A.R. The main directions of improving the system of economic security of the enterprise. Bulletin of scientific conferences. 2019. no 1. pp. 106–108. (in Russian).
- 10 Nanto D.K. Economics and national security: issues and implications. Yale Law Journal. 2016. no. 4. pp. 134–142.
- 11 Bogachev A.I. Agricultural insurance – the basis of food security and sustainable production growth in livestock sub-sectors. Agrarian Bulletin of the Upper Volga. 2017. no. 4. pp. 144–151. (in Russian).
- 12 Igoshin A.N., Cheremukhin A.D. Features of the reproduction of human capital in the context of evaluating the effectiveness of the organization. Bulletin NGIEI. 2017. no. 5 (72). pp. 96–113. (in Russian).

Сведения об авторах

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
<https://orcid.org/0000-0002-3213-9854>

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
<https://orcid.org/0000-0001-9699-4238>

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

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
<https://orcid.org/0000-0002-3213-9854>

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
<https://orcid.org/0000-0001-9699-4238>

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 08/07/2019	После редакции 29/07/2019	Принята в печать 12/08/2019
Received 08/07/2019	Accepted in revised 29/07/2019	Accepted 12/08/2019

Концепция формирования и тенденции развития локального рынка пищевой промышленности в условиях активизации интеграционного взаимодействия его участников

Ирина Е. Устюгова¹ ystugova@yandex.ru  0000-0002-8832-4610
 Людмила Т. Тринеева¹ lapa82@list.ru
 Елена Ю. Колесова¹ kolesova.vgta@yandex.ru  0000-0002-0132-3237

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

Аннотация. Локальные продовольственные рынки представляют собой взаимодействие местных производителей и потребителей продовольственной продукции. Ученые проявляют солидарность, выделяя в качестве основных элементов рыночной конъюнктуры спрос, предложение, цены и конкуренцию, а в качестве основных субъектов рыночного взаимодействия – производителей и потребителей специфического для конкретного рынка товара. Особенностью локального продовольственного рынка является концентрация рыночных агентов на территории определенного региона и осуществление их взаимодействия в соответствии с ограничениями и, напротив, предпосылками развития местных сообществ, формирующих спрос и предложение продовольственных товаров с учетом технологических особенностей их производства. Распространение интеграционных процессов ведет к тому, что возникает конкуренция между интегрированными структурами. В рамках союзов и партнерств субъекты локальных рынков усиливают свои конкурентные позиции за счет объединения ресурсов, навыков, опыта, т.е. компетенций участников. Акторы продовольственных рынков получают возможность бороться за международное лидерство, завоевывать рыночные позиции, которые обеспечивают устойчивость их будущего положения. При этом наблюдается сотрудничество между участниками, ранее конкурировавшими друг с другом. Концептуальные положения функционирования и развития локального рынка пищевой промышленности представляют собой совокупность авторских взглядов на проблему интеграционного взаимодействия региональных акторов в форме холдингов, кластеров, сетей и прочих территориально-локализованных структур, с участием субъектов региональной экономики, формирующих и регулирующих спрос и предложение на рынке пищевой промышленности в соответствии с целевыми ориентирами регионального развития, с учетом ограничений и предпосылок удовлетворения потребностей населения в качественных продовольственных товарах собственного производства.

Ключевые слова: введите здесь 5-10 ключевых слов, разделяя их запятой

The concept of formation and development trends of the local food industry market in the context of intensifying the integration interaction of its participants

Irina E. Ustyugova¹ ystugova@yandex.ru  0000-0002-8832-4610
 Lyudmila T. Trineeva¹ lapa82@list.ru
 Elena Yu. Kolesova¹ kolesova.vgta@yandex.ru  0000-0002-0132-3237

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

Abstract. Local food markets represent the interaction of local producers and consumers of food products. Scientists show solidarity, highlighting demand, supply, prices and competition as the main elements of market conditions, and producers and consumers of goods specific to a particular market as the main subjects of market interaction. The peculiarity of the local food market is the concentration of market agents on the territory of a certain region and the implementation of their interaction in accordance with the restrictions and, conversely, the prerequisites for the development of local communities that form the supply and demand of food products, taking into account the technological features of their production. The spread of integration processes leads to the fact that there is competition between integrated structures. Within the framework of alliances and partnerships, the subjects of local markets strengthen their competitive positions by combining the resources, skills, experience, i.e. the competencies of the participants. Actors in food markets have the opportunity to fight for international leadership, gain market positions that ensure the sustainability of their future position. At the same time, there is cooperation between participants who previously competed with each other. The conceptual provisions of the functioning and development of the local food industry market are a set of author's views on the problem of integration interaction of regional actors in the form of holdings, clusters, networks and other geographically localized structures, with the participation of regional economic entities that form and regulate supply and demand in the food industry market in accordance with the targets of regional development, taking into account the limitations and prerequisites for meeting the needs of the population in high-quality food products of their own production.

Keywords: введите здесь ключевые слова на английском языке

Для цитирования

Устюгова И.Е., Тринеева Л.Т., Колесова Е.Ю. Концепция формирования и тенденции развития локального рынка пищевой промышленности в условиях активизации интеграционного взаимодействия его участников // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 276–280. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-276-280

For citation

Ustyugova I.E., Trineeva L.T., Kolesova E.Yu. The concept of formation and development trends of the local food industry market in the context of intensifying the integration interaction of its participants. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 276–280. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-276-280

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Рынок в самом общем смысле этого слова представляет собой взаимодействие производителей и потребителей. Проецируя данный подход на продовольственный рынок и уточняя его, Р. Череповым было дано следующее определение: «продовольственный рынок – это совокупность социально-экономических отношений в сфере обмена, посредством которых осуществляется реализация продовольственных товаров».

Экономический механизм продовольственного рынка рассматривают как систему экономических рычагов, стимулов и методов регулирования, направленных на создание благоприятных условий для эффективного функционирования его участников [2].

И.Ф. Хицковым были выполнены системные исследования, по итогам которых ему удалось сделать вывод о том, что продовольственный рынок функционирует по: закону стоимости, спроса и предложения. Первый закон участвует в формировании уровня средних цен на рынке и оказывает влияние на уровень общественно-необходимых затрат на производство. Законы спроса и предложения определяют соотношение денежных и товарных потоков, спроса и предложения на рынке, формируют цену.

А. Матвеев, П. Плахотников, Р. Черепов и др. авторы, занимающиеся исследованием продовольственных рынков, в качестве основных их признаков, выделяют следующие:

- наличие законодательной базы, адекватной развитию рыночных отношений;
- товарное предложение относительно соответствует потребительскому активному спросу;
- развивается производственная и рыночная инфраструктура, в которой функционируют субъекты оптовой торговли: имеется высоко-развитая сеть специальных кредитно-денежных институтов, государственных и коммерческих информационно-аналитических центров;
- развивается конкурентная среда, есть развитые межотраслевые и межрегиональные связи с разнообразным участием государства;
- государство не вмешивается в хозяйственную деятельность отдельных субъектов рынка [10].

Следует заметить, что последний признак в современных институциональных условиях утратил свою актуальность. Более того, вступив в «эпоху заката либерализма» (в представлении Р. Нижегородцева), возросло внимание к государственному регулированию экономики, в том числе к формированию и развитию локальных продовольственных рынков. Н. Жахов, опираясь

на труды неонституционалистов, в обосновании необходимости государственного регулирования АПК, указывает, что «экономика не замкнутая, а неразрывно связанная с социальными отношениями, политикой и идеологией система. Механизм свободной конкуренции в такой системе не выполняет роли регулятора равновесия, так как рынок структурно преобразован монополиями и государством. Поэтому для достижения экономического равновесия необходимо государственное регулирование».

По мнению Т. Степановой и А. Курносова, на современном этапе «российский продовольственный рынок содержит в себе лишь некоторые элементы, являющиеся сутью рыночного механизма, однако при этом не образуется единой экономической системы <...> В формировании продовольственного рынка государство сознательно и целенаправленно участвует, при этом оно создает благоприятные условия для его работы, опирается на законы товарного производства» [3].

А. Гасанов говорит о том, что существуют необходимые предпосылки и условия нормального функционирования продовольственного рынка. Дополняя предложенный им перечень, нами были внесены следующие уточнения:

- развитие предпринимательской деятельности;
- формирование ответственного поведения всех субъектов экономики (региональной и национальной);
- совершенствование инструментов многоукладной экономики и развитие конкурентной среда;
- государственное регулирование производства, заготовки, переработки и реализации некоторых видов сельскохозяйственного сырья и продуктов его переработки (например, зерно, сахарная свекла, мясо);
- производственная и рыночная инфраструктура должна иметь определяющее развитие;
- ликвидация всех препятствий при движении товарных потоков по стране;
- развитие механизмов страхования субъектов продовольственных рынков.

Особенностью локального продовольственного рынка является концентрация рыночных агентов на территории определенного региона и осуществление их взаимодействия в соответствии с ограничениями и, напротив, предпосылками развития местных сообществ, формирующих спрос и предложение продовольственных товаров с учетом технологических особенностей их производства.

При современном развитии глобальной экономики движение более половины мирового валового продукта по цепочке добавленной стоимости и его реализация происходят в структуре интеграционных, а не рыночных связей. В России значение интеграционных связей особенно высоко, так как с ее помощью минимизируется уровень неопределенности; конкуренция превращается в сотрудничество за счет установления контактов с потребителями, властными структурами, населением и другими агентами; облегчается механизм технологического перевооружения, внедрения инновационных новшеств и их диффузии.

С позиции стейкхолдерского подхода интеграционное взаимодействие представляет собой реакцию субъектов региональной экономики, заинтересованных в ее развитии, на возникновение ресурсных проблем, проявляющуюся в стремлении установить взаимовыгодные связи и сотрудничество. В качестве основных групп стейкхолдеров большинство исследователей, как правило, рассматривает бизнес, власть, институты гражданского общества, население [1].

Разнообразие агентов экономического взаимодействия оказывает непосредственное влияние на функционирование каждого из них. Социально-экономических агентов можно подразделить на две группы:

- агенты, принимающие решения;
- «агенты влияния», решения данных агентов не носят адресный характер.

Интеграционное взаимодействие происходит с участием агентов каждого из указанных выше типов.

Когда формируются интеграционные процессы, то между их участниками появляется долгосрочное сближение стратегических целей. Взаимоотношения чистой конкуренции переходят при интеграции в один из вариантов сотрудничества. Диапазон возможностей такого сотрудничества – от слабого взаимодействия до прямого управления. При прямом управлении рыночные отношения переходят во внутрифирменные поставки, основывающиеся на заключенных договорах.

На протяжении всего периода трансформации национальной экономики, начавшегося в 90-х гг. прошлого века, основной формой интеграции участников локальных продовольственных рынков выступали холдинги, которые, кстати, до сих пор функционируют в соответствии с временным положением, принятым в 1994 г.

Массовое создание холдингов способствовало формированию основного элемента рыночной конъюнктуры – предложения, так как на долю холдингов приходился наибольший

удельный вес товарной продукции, представленной на локальных продовольственных рынках.

Инфраструктуру продовольственного рынка можно разделить на функциональную и системообразующую. Функциональная инфраструктура содержит в себе рыночные субъекты, которые непосредственно участвуют в процессе товарообмена: банковские, страховые, консалтинговые компании, сельскохозяйственные предприятия, перерабатывающие комплексы и предприятия пищевой индустрии, заготовительные, страховые организации, центры торговли, общественного питания и другие субъекты. В системообразующую инфраструктуру входят субъекты рынка, которые формируют процесс товарооборота: оптовые продовольственные рынки, биржи, терминалы, распределительные центры, холодохранилища, элеваторы и т. д. [5, 11].

Обсуждение

Решая задачи исследования, нами была разработана актуальная функционально-системообразующая инфраструктура локального продовольственного рынка. Специфическими чертами данной структуры являются:

— выделение двух групп агентов: формирующих и регулирующих спрос; формирующих и регулирующих предложение. Подобная дифференциация применима только к региональной экономике, так как с помощью экономических, административных, нормативно-правовых, финансовых и других инструментов исполнительные органы государственной власти, средства массовой информации, население, объединения производителей и другие группы субъектов региональной экономики способны оказать существенное влияние на формирование и развитие рынка специфического для данного региона продукта (на производстве которого эффективно специализируется существенная доля местных товаропроизводителей);

— позиционирование исполнительных органов государственной власти, участвующих в разработке и реализации стратегии развития региона, политики продовольственного обеспечения населения региона и других документов, регламентирующих потребление продовольственных товаров, в качестве агентов, регулирующих спрос и предложение;

— статусно-ролевая идентификация субъектов региональной экономики, вызванная их вовлеченностью в управленческое взаимодействие, направленное на развитие локального продовольственного рынка. В ходе исследования было выделено пять групп субъектов региональной экономики, участвующих в функционировании локального продовольственного рынка: исполнительные органы государственной власти;

предпринимательские структуры; население; общественные организации; средства массовой информации;

— доминирование интеграционных процессов, являющихся природой возникновения объединений предпринимательских структур, обобщенных организаций и остальных субъектов региональной экономики и основанием для их вовлечения в управленческое взаимодействие. [7]

Новые институциональные условия проявляются в том, что развитие локального продовольственного рынка происходит на основе активизации интеграционного взаимодействия.

Данное утверждение является результатом силлогизма: 1) локальный продовольственный рынок – это современный институт; 2) интеграционные процессы способствуют формированию и развитию локальных продовольственных рынков, так как опосредуют вовлеченность субъектов региональной экономики в управленческое взаимодействие и активизируют его; 3) интеграционное взаимодействие субъектов региональной экономики, участвующих в формировании и развитии локального продовольственного рынка, является проявлением институциональных изменений [4].

Необходимость развития локальных продовольственных рынков является очевидной и аксиоматичной. Опираясь на данный тезис, в результате исследования было установлено: 1) достаточным условием развития локального рынка является наличие организационно-экономических предпосылок к специализации региона на производстве детерминирующего рынка товара; 2) в современных институциональных условиях, характеризующихся ресурсным дефицитом, побуждающим рыночных агентов к разного рода сотрудничеству, необходимым условием развития локального продовольственного рынка является установление интеграционных связей в наиболее перспективных их формах.

Формами интеграционного взаимодействия субъектов региональной экономики, способствующими развитию локального рынка пищевой промышленности, являются вертикально-интегрированные холдинги, научно-производственные кластеры, сети производителей, сети компетенций [8].

Стремление субъектов региональной экономики избежать транзакционных издержек приводит к череде последствий: автономно функционирующие субъекты региональной экономики создают интегрированные структуры корпоративного (холдингового) типа; корпоративные структуры и сохраняющие автономность субъекты региональной экономики формируют интегрированные структуры кластерного типа;

все без исключения субъекты региональной экономики, включая население и исполнительные органы государственной власти, оказываются вовлеченными в сетевые структуры, представляющие собой вершину эволюции форм интеграционного взаимодействия [9].

Недостатком существующей структуры локального рынка пищевой промышленности является недооцененная роль организаций сферы образования, исследований и разработок, что сдерживает развитие таких перспективных форм интеграционного взаимодействия его участников, как научно-производственные кластеры, сети производителей и потребителей и др.

Развитие интеграционных процессов в форме союзов, альянсов, стратегических партнеров, кластеров, сетей и пр. является средством обеспечения конкурентоспособности резидентов и в целом региональной экономики, представленной локальными рынками специфических для данной территории товаров.

Распространение интеграционных процессов ведет к тому, что возникает конкуренция между интегрированными структурами. В рамках союзов и партнерств субъекты локальных рынков усиливают свои конкурентные позиции за счет объединения ресурсов, навыков, опыта, т. е. компетенций участников. Акторы продовольственных рынков получают возможность бороться за международное лидерство, завоевывают рыночные позиции, которые обеспечивают устойчивость их будущего положения. При этом наблюдается сотрудничество между участниками, ранее конкурировавшими друг с другом [6].

Итог интегрированного процесса – формирование и развитие объединений рыночных контрагентов, которые в своей настоящей или будущей деятельности уже могут реализовать выгоды от интеграции, изначально выступавшие мотивами их взаимодействия.

Заключение

Концептуальные положения функционирования и развития локального рынка пищевой промышленности представляют собой совокупность авторских взглядов на проблему интеграционного взаимодействия региональных акторов в форме холдингов, кластеров, сетей и прочих территориально-локализованных структур с участием субъектов региональной экономики, формирующих и регулирующих спрос и предложение на рынке пищевой промышленности в соответствии с целевыми ориентирами регионального развития, с учетом ограничений и предпосылок удовлетворения потребностей населения в качественных продовольственных товарах собственного производства.

Литература

- 1 Богомолова И.П., Стукало О.Г., Устюгова И.Е. Методические подходы к оценке эффективности функционирования интеграционных формирований // Вестник ВГУИТ. 2014. № 1 (59). С. 256–261.
- 2 Стукало О.Г., Устюгова И.Е., Негороженко Ю.В. Совершенствование продовольственной безопасности на основе интеграционных процессов в агропромышленном комплексе региона // Вестник ВГУИТ. 2016. № 4 (70). С. 350–354.
- 3 Устюгова И.Е. Перспективы интеграционного взаимодействия субъектов локального рынка мясной продукции // Вестник ВГУИТ. 2017. № 4 (79). С. 370–377.
- 4 Стукало О.Г., Устюгова И.Е. Развития локальных рынков продовольствия на основе интеграционного взаимодействия их участников: монография. Воронеж: ВГУИТ, 2018. 164 с.
- 5 Богомолова И.П., Василенко И.Н., Котарев А.В., Малыгина Е.Н. Совершенствование системы кормового обеспечения мясного животноводства АПК на основе принятия управленческих решений инновационного типа // Современная экономика: проблемы и решения. 2019. № 1 (109). С. 106–120.
- 6 Alchian A.A., Demsetz H. Production, Information Costs, and Economic Organization // American Economic Review. 1972. V. 62. № 5. P. 777–795.
- 7 Crawford J., Olleson S. The Nature and Forms of International Responsibility. New York: International Law, 2003. 452 p.
- 8 Etzioni A. Organization Control Structure. Handbook of Organizations. 16 p.
- 9 Jensen M.C., Meckling W.H. On the Labor-Managed Firm and the Codetermination Movement. 977 p.
- 10 Kastells M. Information era: economy, society, culture. M.: GU VSHE, 2000. 608 p.
- 11 Груздев Г.В., Генералов И.Г. Исторические особенности российской внешней торговли на мировом зерновом рынке // Вестник НГИЭИ. 2017. № 8 (75). С. 118–126.

References

- 1 Bogomolova I.P., Stukalo O.G., Ustyugova I.E. Methodological approaches to assessing the effectiveness of the functioning of integration formations. Proceedings of VSUET. 2014. no. 1 (59). pp. 256–261. (in Russian).
- 2 Stukalo O.G., Ustyugova I.E., Negorozhenko Yu.V. Improving food security based on integration processes in the agro-industrial complex of the region. Proceedings of VSUET. 2016. no. 4 (70). pp. 350–354. (in Russian).
- 3 Ustyugova I.E. Prospects for the integration interaction of subjects of the local meat market. Proceedings of VSUET. 2017. no. 4 (79). pp. 370–377. (in Russian).
- 4 Stukalo O.G., Ustyugova I.E. Development of local product markets based on the integration interaction of their participants: monograph. Voronezh, VSUET, 2018. 164 p. (in Russian).
- 5 Bogomolova I.P., Vasilenko I.N., Kotarev A.V., Malygina E.N. Improving the feed supply system for meat cattle breeding of the agro-industrial complex on the basis of innovative type of management decisions. Modern Economics: problems and solutions. 2019. no. 1 (109). pp. 106–120. (in Russian).
- 6 Alchian A.A., Demsetz H. Production, Information Costs, and Economic Organization. American Economic Review. 1972. vol. 62. no. 5. pp. 777–795.
- 7 Crawford J., Olleson S. The Nature and Forms of International Responsibility. New York, International Law, 2003. 452 p.
- 8 Etzioni A. Organization Control Structure. Handbook of Organizations. 16 p.
- 9 Jensen M.C., Meckling W.H. On the Labor-Managed Firm and the Codetermination Movement. 977 p.
- 10 Kastells M. Information era: economy, society, culture. M., GU VSHE, 2000. 608 p.
- 11 Gruzdev G.V., Generalov I.G. Historical Features of Russian Foreign Trade on the World Grain Market. Bulletin NGIEI. 2017. no. 8 (75). pp. 118–126. (in Russian).

Сведения об авторах

Ирина Е. Устюгова к.э.н., доцент, кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ustugova@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8832-4610>

Людмила Т. Тринеева к.э.н., доцент, кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, lapa82@list.ru

Елена Ю. Колесова к.э.н., доцент, кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kolesova.vgta@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0132-3237>

Вклад авторов

Ирина Е. Устюгова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат
Людмила Т. Тринеева обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты
Елена Ю. Колесова консультация в ходе исследования

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Irina E. Ustyugova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, management, organization of production and industry economy department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ustugova@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8832-4610>

Lyudmila T. Trineeva Cand. Sci. (Econ.), associate professor, management, organization of production and industry economy department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394066, Russia, lapa82@list.ru

Elena Yu. Kolesova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, management, organization of production and industry economy department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394066, Russia, kolesova.vgta@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0132-3237>

Contribution

Irina E. Ustyugova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism
Lyudmila T. Trineeva review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations
Elena Yu. Kolesova consultation during the study

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 13/07/2019	После редакции 29/07/2019	Принята в печать 11/08/2019
Received 13/07/2019	Accepted in revised 29/07/2019	Accepted 11/08/2019

Качество и безопасность товаров в современных условиях

Айзанат К. Алиева¹ aaizanat@mail.ru  0000-0002-427-9587

Ольга А. Труевцева¹ ntruevts@gmail.com  0000-0003-2677-543X

¹ Санкт-Петербургский Государственный экономический университет, ул. Садовая, 21, Санкт-Петербург, 191023, Россия

² Санкт-Петербургский Государственный университет промышленных технологий и дизайна, ул. Большая Морская, 18, г. Санкт-Петербург, 191186, Россия

Аннотация. Изучена безопасность продовольственных товаров в условиях увеличения рисков их фальсификации. Рассмотрены методы идентификации и оценки качества некоторых групп товаров. Приведена статистика поставок импортируемых товаров в период экономического кризиса. Проблема фальсификации продукции возникла в России в 90-е годы из-за отмены обязательного применения стандартов и госприемки продукции, введения свободного предпринимательства, реорганизации контрольных и ветеринарных служб. Остановлено производство отечественной продукции на государственном уровне. Уменьшилось количество используемых сельскохозяйственных угодий. Для упорядочения возникшей проблемы были приняты законы и технические регламенты (ТР), которые разработаны на потенциально опасную продукцию и предусматривают ее обращение на рынке только после подтверждения соответствия продукции требованиям ТР. Однако проблема фальсификации продукции на сегодняшний день остается достаточно острой. Рассмотрены различные аспекты безопасности продукции. Приведены сведения о видах опасностей, исходящих при потреблении продовольственных товаров, связанных с такими факторами, как: упаковочные материалы; применение вредных технологий при производстве пищевой продукции; выращивание сельскохозяйственной продукции растительного и животного происхождения с превышенным применением стимуляторов различного назначения. В целях защиты здоровья населения данные сведения должны быть доступны для потребителей этих товаров. Маркировка должна нести полную информацию о товаре. На безопасной продукции должна появиться экомаркировка. Государству следует ужесточить контроль за производством продовольственного сырья и пищевых продуктов, а также стимулировать производителей экологически безопасной продукции.

Ключевые слова: продовольственные товары, фальсификация, безопасность, оценка качества, импортируемые товары

Quality and safety of goods in modern conditions

Aizanat K. Alieva¹ aaizanat@mail.ru  0000-0002-427-9587

Olga A. Truevtseva¹ ntruevts@gmail.com  0000-0003-2677-543X

¹ St. Petersburg State University of Economics, 21 Sadovaya street, St. Petersburg, 191023, Russia

² St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Bolshaya Morskaya str., 18, St. Petersburg, 191186, Russia

Abstract. We studied the safety of food products in the face of increasing risks of falsification. The methods of identification and quality assessment of some groups of goods are considered. The statistics of supplies of imported goods during the economic crisis are given. The problem of falsification of products arose in Russia in the 90s due to the abolition of the mandatory application of standards and state acceptance of products, the introduction of free enterprise, the reorganization of control and veterinary services. The production of domestic products at the state level has stopped. The amount of agricultural land used has decreased. To streamline the problem, laws and technical regulations (TR) were adopted, which are designed for potentially hazardous products and provide for its circulation on the market only after confirming that the products comply with the TR requirements. However, the problem of falsification of products today remains quite acute. Various aspects of product safety are considered. The information on the types of hazards arising from the consumption of food products associated with factors such as: packaging materials; the use of harmful technologies in the production of food products; growing agricultural products of plant and animal origin with excessive use of stimulants for various purposes. In order to protect public health, this information should be available to consumers of these products. Marking should carry complete information about the product. Eco-labeling should appear on safe products. The government should tighten control over the production of food raw materials and food products, as well as encourage producers of environmentally friendly products.

Keywords: food products, falsification, security, quality assessment, imported goods

Введение

Одной из составных частей экономической безопасности страны является продовольственная безопасность. В современных условиях этот вид безопасности приобретает глобальный характер, так как распространяется по всему миру. Из-за того что проблема выходит за рамки отдельного государства, она приобретает статус самостоятельной проблемы [1].

В настоящее время Россия обеспечивает себя зерном, картофелем, растительным маслом, сахаром и с 2016 г. мясом птицы. Остаётся проблема с мясным животноводством и производством молока и молочных продуктов. Россия занимает 1-е место в мире по сбору ржи и овса, 3-е место в мире по производству картофеля (после Китая и Индии), 3-е место (после США и Евросоюза) по экспорту зерновых, 5-е место в мире по производству рыбы и рыбопродуктов.

Для цитирования

Алиева А.К., Труевцева О.А. Качество и безопасность товаров в современных условиях // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 281–289. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-281-289

For citation

Alieva A.K., Truevtseva O.A. Quality and safety of goods in modern conditions. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 281–289. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-281-289

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Слабым местом в РФ является продуктовый импорт – фрукты, чай, рис, вино, сыры. Несмотря на кризис и санкции дешёвое зарубежное продовольствие закупается в огромном количестве – это тропические, субтропические и другие сельхозпродукты.

Наполнение внутреннего рынка зарубежными поставками на 20% считается критическим для продовольственной безопасности России.

В РФ около 20% плодородных земель мира, 55% – чернозёма, 20% – пресной воды, поэтому Россия вполне может больше производить и продавать не только углеводородов, но и продовольственных товаров.

Ускоренный путь решения продовольственной проблемы возможен за счёт механизации производства, химизации сельского хозяйства, использования высокоурожайных сортов сельскохозяйственных культур, повышения продуктивности домашних животных, использования достижений биотехнологии. Для развития мясного и молочного животноводства необходимо увеличивать производство продовольственного и фуражного зерна.

Продовольственная безопасность в РФ зависит от подъёма и падения цен на продовольственные товары, условий их производства, а также от состояния экономики страны. Наблюдается снижение потребления картофеля и хлеба (сравнительно дешёвая еда), но увеличивается потребление мяса, овощей, фруктов, что говорит о некотором росте доходов россиян и подходом населения к здоровому питанию. Из сказанного следует, что на сегодняшний день продовольственная безопасность обеспечена, если не наступит катастрофа мирового характера.

В сообщении Минсельхоза от 05.08.2019 г. говорится: «За последние 5 лет Россия снизила импорт продовольствия на 31,2% – с 43,3 млрд долл. в 2013 г. до 29,8 млрд долл. в 2018 г. Благодаря реализации политики импортозамещения Россия достигла и превзошла пороговые значения «Доктрины» продовольственной безопасности по ряду ключевых продуктов питания. Так, по зерну и зернобобовым культурам удельный вес отечественной продукции в общем объеме ресурсов внутреннего рынка по итогам 2018 г составил 99,4%, что выше порогового значения Доктрины в 95%, сахару – 95,7% против порогового значения 80%, растительному маслу – 81,5% против 80% мясу и мясoproдуктам – 92,8% против 85%. Практически соответствует целевому показателю в 95% показатель по картофелю (94,7% в 2018 г.). Наблюдается некоторое отставание от значений продбезопасности по

молоку и соли, при этом Минсельхоз ожидает, что позитивный тренд, наблюдающийся в молочной отрасли, позволит достичь целевых показателей в течение ближайших 7–8 лет».

При проведении анализа производства продовольственных товаров по округам России ЦФО является ведущим округом по вкладу в промышленное и пищевое обеспечение продовольственной безопасности страны. К ЦФО относится город Москва и 17 областей. Однако сельское хозяйство не обеспечивает многочисленное население округа в продуктах питания. Значительная часть продовольствия завозится из других регионов или является импортной.

Основная проблема Центрально-Чернозёмного экономического региона в агропромышленном комплексе – это несоответствие мощностей по переработке объёмов сельскохозяйственного сырья, что приводит к потерям сельскохозяйственной продукции.

Дополнительным стимулом обеспечения продовольственной безопасности в стране является установление закупочных цен на зерновые культуры, которые давали возможность развиваться и реализовывать продукцию мелким хозяйствам, которые не имеют хранилищ по сравнению с крупными хозяйствами. Реализация выращенной продукции мелкими хозяйствами позволила бы существенно увеличить продажу и переработку зерновых культур. Белгородская область является второй по урожайности зерновых культур.

В агропромышленный комплекс Южного Федерального Округа (ЮФО) входят такие города, как Краснодар, Ростов-на-Дону, Волгоград, Астрахань и другие (всего 21 населённый пункт численностью более 100 тыс. человек).

В ЮФО производится сельскохозяйственной продукции вдвое больше, чем в среднем по России. Однако в этом округе перерабатывающие мощности не соответствуют сырьевой базе.

ЮФО – главный плодоовощной район и единственный район виноградарства в России. Через морские порты ЮФО (Новороссийск, Ростов-на-Дону, Туапсе, Сочи, Астрахань, Махачкала, Дербент) осуществляется транспортировка продукции в страны Черноморского бассейна, Средиземноморья, частично по Атлантическому и Индийскому океанам.

Предотвращению снижения производства продовольственных товаров может способствовать предоставление в регионах РФ земельных участков во временное бесплатное пользование для выращивания необходимых для населения сельскохозяйственных товаров.

В итоге можно заключить, что в агропромышленном комплексе главной задачей является гармонизация национальных и региональных рынков. Надо стремиться к устранению тарифных и нетарифных барьеров, гармонизации национальных и международных стандартов в области продовольствия, созданию продовольственных бирж.

Внедрение международных стандартов и технических регламентов позволило лучше обеспечить продовольственную безопасность РФ, экспорт необходимых для здоровья и жизнедеятельности человека и импорт тех товаров, перепроизводство которых наблюдается в России в настоящее время.

Для развития отечественной экономики проблема комплексной переработки сельскохозяйственного сырья является актуальной. Например, существует проблема переработки масличного сырья в дезодорирующие повязки из растительных масел и других продуктов, содержащих незаменимые жирные кислоты и различные биологические активные вещества, имеющие большой спрос в Европе, Китае, Японии.

Отечественные заводы не имеют технологий и оборудования для глубокой очистки этих ценных веществ.

Комфортное проживание населения Крайнего Севера, где осваиваются новые месторождения углеводородов и других природных ресурсов, требует значительного расширения ассортимента продуктов здорового питания. Такие продукты обладают лечебно-профилактическими свойствами, положительно влияют на здоровье человека.

Активному внедрению функциональных пищевых продуктов будет способствовать объединение специалистов, занимающихся пищевой биотехнологией с медицинскими работниками, знающими медико-социальные аспекты функционального питания.

Решению продовольственной безопасности будет способствовать уменьшение потерь в результате порчи товаров при транспортировке. Транспортные средства, перешедшие в наследство от предыдущих периодов их эксплуатации, недостаточно продуманных логистических систем, влияют на снижение качества продуктов.

Обеспечение продовольственной безопасности осложняется различием в требованиях национальных стандартов на пищевые продукты и многомерностью информации, выдаваемой приборами, контролирующими качество продовольствия. С помощью новых методик и цифровых технологий можно получить более объективную количественную оценку качества

продуктов питания. Внедрение новых цифровых методов количественной оценки качества продуктов питания позволит улучшить продовольственную безопасность за счет снижения умышленной фальсификации как в стране, так и импортируемой продукции из сопредельных государств [2].

Несколько слов о лекарственной безопасности – доля отечественного производства лекарств в 2018 г. составила около 90%. Фармацевтический рынок в РФ наиболее прибыльный, рентабельность от 13 до 50%.

В 90-е годы после распада СССР, продовольственные товары и сырьё, производимое в стране, не соответствовали стандартам качества. Как известно, этот период в торговле и предпринимательстве характеризовался отменой обязательного соблюдения стандартов и госприемки продукции, введением свободного предпринимательства, в том числе и товарообращения на рынке. Данное положение повлекло за собой череду негативных явлений: на рынке появились нелегальные производители и продавцы, некачественная и порой опасная для здоровья человека продукция, что обусловило массовые сенсibilизированные и аллергические проблемы, особенно среди детского населения страны. Реализация нелегальной продукции наносит значительный ущерб и экономике страны в результате непоступления налоговых средств. Для упорядочения в этой сфере экономики были введены Федеральные законы: № 2300-1-ФЗ «О защите прав потребителя», № 184-ФЗ «О техническом регулировании», № 29-ФЗ "О качестве и безопасности пищевых продуктов" и более 40 технических регламентов, в том числе ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [3-6].

Технические регламенты (ТР) разработаны на потенциально опасную продукцию и предусматривают ее обращение на рынке только после подтверждения соответствия ее требованиям определенного ТР. Однако проблема фальсифицированной и небезопасной продукции на сегодняшний день остается достаточно острой [7]. Она имеет место как среди продовольственных, так и непродовольственных товаров. В некоторых сегментах товарообращения ее объем может достигать угрожающих размеров. Особенно велика доля фальсифицированной и контрафактной продукции среди таких групп товаров, как хлебобулочные, зерновые, колбасные, молочные, винно-водочные, табачные, пушно-меховые, швейные, трикотажные, парфюмерные пр.

На развитие продовольственного рынка повлияло вступление РФ в ВТО из-за чего, в первую очередь, пострадал агропромышленный комплекс, для подведения которого под новые стандарты требуются крупные вложения, которые не могут окупиться в короткие сроки. Эти изменения в российской экономике привели к тому, что производители отечественных товаров стали использовать более дешевое и некачественное сырье, которое не всегда является безопасным.

В целях дальнейшей борьбы по снижению оборота некачественной продукции, предотвращения нелегального товарооборота правительством РФ было издано распоряжение от 28 апреля 2018 г. № 791-р «Об утверждении модели функционирования системы маркировки товаров средствами идентификации в Российской Федерации». Распоряжение вступило в силу с 01.01.2019 г.

Данное постановление предусматривает нанесение специальных обозначений (чипов) на продукцию, которые позволяют отслеживать дату её изготовления, адрес и прочие реквизиты изготовителя и безошибочно выявлять контрафакт.

Для каждой товарной группы предусмотрены свои сроки нанесения маркировки. Такой маркировке уже подверглась алкогольная и табачная продукция, лекарственные препараты.

Экспериментальное чипирование существенно снизило оборот нелегальной продукции этих групп на российском рынке и при этом повысило налоговые поступления.

Цель работы – обеспечение продовольственной безопасности в современных условиях глобализации товарных рынков.

Задачи исследования:

- изучить безопасность продовольственных товаров в условиях увеличения рисков их фальсификации;
- рассмотреть методы идентификации товаров;
- дать оценку качества некоторых групп товаров;
- изучить статистику поставок импортируемых товаров в период экономического кризиса;
- изучить виды опасностей для населения после использования некачественной продукции.

Материалы и методы

Безопасность пищевых продуктов оценивается по техническим регламентам, гигиеническим нормативам, санитарным правилам и нормам, ГОСТ и другим действующим нормативным документам.

После проведения органолептических и физико-химических исследований на безопасность и фальсификат продуктов, пользующихся спросом у населения, было выявлено, что больше всего фальсифицируют алкогольную продукцию, более 55%.

Для визуального контроля подлинности алкогольной продукции, в целях защиты от фальсификации используют голограммы, которые не снимаются без повреждения для перенесения их на другой объект.

Так как самой популярной алкогольной продукцией у российского населения является водка, а у европейцев виски – то их чаще всего и подделывают [12].

Выявляют фальсификацию водки при тщательном исследовании бутылки. Признаками фальсифицированного товара являются: этикетка (качество бумаги, цветность, неровности клея с обратной стороны, отсутствие указания производителя, его реквизиты); укупорка бутылки; штамповка на колпачке нечеткая, посторонние включения. При более тщательном исследовании обнаруживают токсичные примеси, кетоны, и др. не идентифицированные органические примеси.

Ввозимая на территорию России алкогольная продукция должна нести информацию для потребителей на русском языке.

В Россию поступает большое количество фруктовых соков и их концентратов. Под маркой натурального 100% сока поступает сок с частичным содержанием натурального сырья и воды или полная замена продуктом химического происхождения. 80% апельсиновых и 60% яблочных соков фальсифицированы.

Большой процент колбасных изделий подвергается фальсификации путем изменения рецептуры изделий. В частности, стандартное сырье (мясо, шпик, специи) заменяется на отходы мясного производства, продукты растительного происхождения, целлюлозу, пищевые добавки и др., но в маркировке это не указывается [13].

Как в России, так и за рубежом массовая подделка и контрафакция имеет место среди молочных продуктов [14].

Большая часть меда, реализуемого в розничной торговой сети, является фальсифицированным. Нами была проведена оценка качества четырех образцов липового меда различных торговых марок.

Образец № 1 – мед натуральный цветочный монофлорный липовый «Медовый край». Изготовитель: ООО «Медовый дом», РФ, Новгородская обл.

Образец № 2 – мед липовый «Амурская Липа». Изготовитель: торговая сеть «Пчеловодство», РФ, Приморский край.

Образец № 3 – мед натуральный липовый «Воронежский». Изготовитель: торговая сеть «Пчелкин мёд», РФ, Воронеж.

Образец № 4 – мед бурзянский липовый «WhiteHoney». Изготовитель: ООО «Башкирская медовая компания», Россия, Башкортостан.

Исследования осуществлялись в соответствии с ГОСТ 25629–83, ГОСТ Р 54644–2011, ГОСТ 31766–2012, ГОСТ Р 53126–2008, ГОСТ Р 53883–2010 (таблица 1).

Таблица 1.

Результаты исследования физико-химических показателей качества меда

Table 1.

The results of the study of physico-chemical indicators of honey quality

Показатель Indicator	Допустимые значения Valid Values	Образец Sample			
		1	2	3	4
Массовая доля влаги Moisture content, %	<20	20,60	16,20	16,60	16,80
Активная кислотность Active acidity, pH	4,2–6,9	4,24	3,74	3,91	3,88
Диастазное число, единиц Готе Diastase number, Gaute units	>11	7,82	7,75	7,79	7,80
Общая кислотность, см ³ Total acidity, cm ³	0,5–2,5	1,50	2,50	2,50	2,50
Инвертируемый сахар Invert sugar, %	>80	51,0	70,70	62,60	56,60
Пыльцевые зерна Pollen grains, %	> 30	0,0	4,50	2,50	2,0
Механические примеси Mechanical impurities	Не допускаются not allowed	Не обнаружено Not found			

Из приведенных данных следует, что ни один из анализируемых образцов не соответствует требованиям ГОСТ Р 54644–2011, т.е. они являются фальсифицированными.

Результаты исследования

Исследования показали, что токсичность потребляемой пищи составляет около 70%. Для того чтобы обезопасить организм человека от попадания токсичных веществ с пищей, экологическая и производственная безопасность продуктов должна рассматриваться на том же уровне, что и национальная безопасность. Все большее распространение приобретают пищевые добавки и новые упаковочные материалы, что увеличило актуальность данной проблемы.

С каждым годом число малых предприятий, занимающихся производством и реализацией продовольственных товаров, возрастает, но их качество и технологические процессы не всегда проходят контроль на должном уровне.

После потребления такой продукции химические вещества усваиваются и накапливаются в организме человека, что приводит к тяжелым последствиям.

Накопленные экспериментальные данные показывают, что рыба и морепродукты имеют коэффициенты биоконцентрирования, в десятки тысяч раз превышающие аналогичные величины для мяса, молока и растительных продуктов (таблица 2) [8].

Таблица 2.

Коэффициенты биоконцентрирования для некоторых опасных веществ

Table 2.

Bioconcentration factors for some hazardous substances

Вещество Substance	Коэффициенты накопления для систем Accumulation factors for systems			
	Почва – растения Plant soil	Вода – рыба Water is a fish	Корм – коровы Cow feed	
			Мясо Meat	Молоко Milk
Цезий-137 Cesium-137	0,002	2000	0,03	0,005
Стронций-90 Strontium-90	0,2	30	0,0003	0,0015
Пестицид ДДТ Pesticide DDT	0,0026	30000	0,028	0,011
Диоксин Dioxin	0,0013	75000	0,055	0,01
Дизельное топливо Diesel fuel	0,057	510	-	-
Мышьяк Arsenic	0,01	1	0,0015	0,003

Накопление вредных веществ в продуктах происходит на разных стадиях их жизненного цикла. Например, в продуктах растительного происхождения загрязнения могут иметь место

на стадиях: семенной фонд - выращивание на загрязненных территориях - переработка – упаковка - хранение. При сушке и тепловой обработке продуктов сгорания топлива окиси азота

приводят к образованию на поверхности зерна нитритов и нитратов, которые в большой концентрации оказывают токсическое действие, а бенз(а)пирен оказывает канцерогенное действие.

После продолжительной тепловой обработки, особенно жарки, в пище накапливаются мутагенные химические вещества. Чем выше температурный режим и время приготовления продуктов, тем больше мутагенная активность.

Загрязнение пищевых продуктов зависит и от качества упаковки. Хранение продуктов в полимерной упаковке влияет на состав продукта, чего нельзя сказать об упаковке из бумаги или древесины.

Большую популярность у производителей и потребителей приобрела жестяная банка, которую используют при консервировании продуктов, а также как упаковку для напитков. Но о том что около 20% свинца токсичного для организма человек получает от продукта, который содержится в жестяных банках, производители умалчивают. Припой шва банки содержит свинец. Алюминий, из которого изготовлена сама банка, также по нормативным документам относится к токсичным металлам [8].

Упаковка, изготовленная из полимерных материалов, не всегда соответствует гигиеническим требованиям. Известно, что при длительном хранении продуктов в полимерной таре, вредные вещества из неё могут мигрировать в пищевые продукты [2].

Не вполне изученным остается вопрос о последствиях употребления генно-модифицированных продуктов [9].

Из рассмотренных аспектов безопасности продукции следует, что информация о всех видах опасности, исходящей при потреблении продовольственных товаров, на которые влияют такие факторы, как: упаковочные материалы; применение вредных технологий при производстве пищевой продукции; выращивание сельскохозяйственной продукции растительного

и животного происхождения с превышенным применением стимуляторов различного назначения, должна быть доступна для потребителей этих товаров. Маркировка должна нести полную информацию о товаре. На безопасной продукции должна появиться экомаркировка.

Последние годы для России были сложными в экономическом плане. В 2018 г. ситуация с импортируемыми продовольственными товарами улучшается. Импорт возобновляется, рубль начал укрепляться, отечественные компании начали работать в новых реалиях.

Основные импортируемые в Россию товары:

- фрукты, орехи;
- мясо и мясные продукты;
- молочная продукция;
- овощи;
- масличные семена и плоды;
- рыба и морепродукты;
- чай, кофе;
- разные пищевые продукты.

В РФ импортируется мясо: говядина около 40%, свинина – 30%. Главными импортерами являются Канада, США, Беларусь. Импортируемое мясо птицы составляет 10%. Основной поставщик – Беларусь.

Рыба и морепродукты завозятся из Норвегии, Исландии, Эстонии.

Доля молочных продуктов, ввозимых в РФ, составляет 60% в зависимости от типа продукта; овощей – до 40%, фруктов – до 75%.

Поставки пальмового масла в 2018 г. резко возросли. По статистике на каждого человека, проживающего в России, приходится до 6 кг пальмового масла в год. Страны-импортеры пальмового масла Индонезия 77%; Малайзия – 9%; Нидерланды – 6%; другие страны – 8%.

Импортируемые товары за 2017–2018 гг. представлены на рисунках 1, 2.

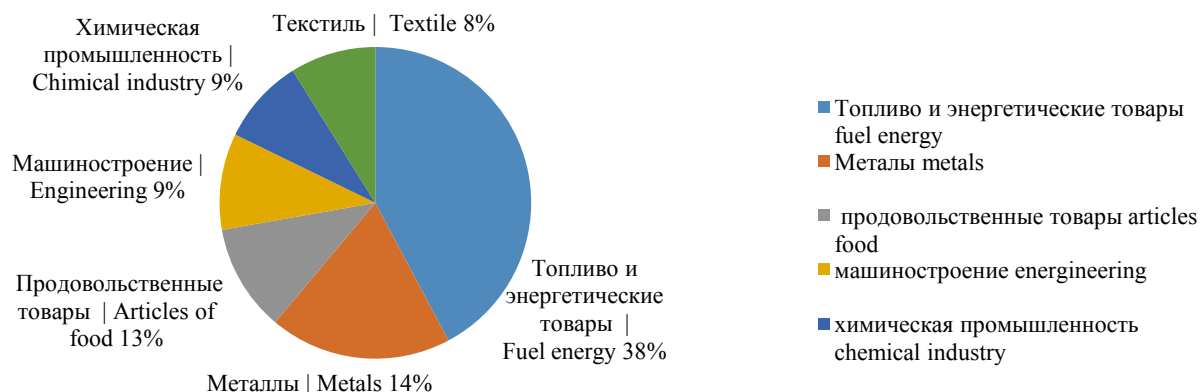


Рисунок 1. Импортируемые товары за 2017 г.

Figure 1. Imported goods for 2017

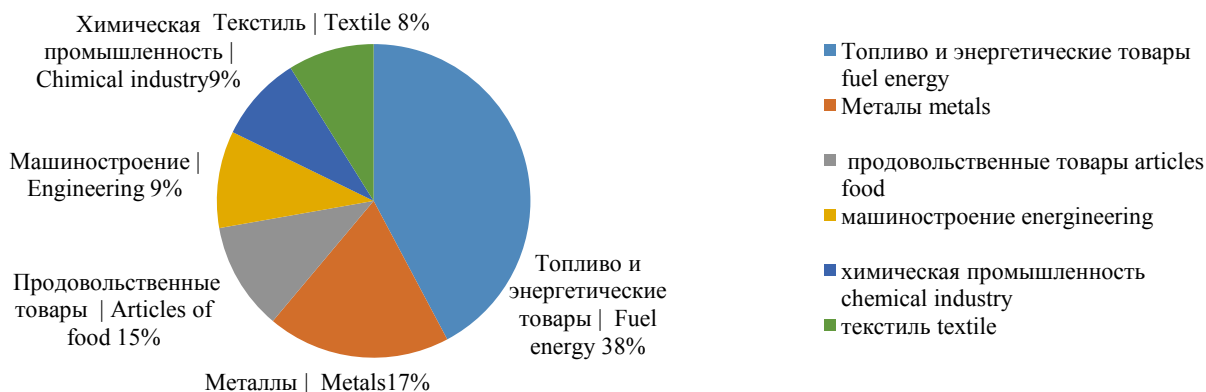


Рисунок 2. Импортируемые товары за 2018 г.
Figure 2. Imported goods for 2018

Не вся импортируемая продукция является качественной. Фальсификация продукции является не только российской, но и общемировой проблемой [10, 11]. Чаще всего фальсифицируются продукты, стоимость которых достаточно велика, а реализация подделки дает большую прибыль.

Причин, объясняющих эти нарушения, несколько.

1. Погоня за дополнительной прибылью.
2. Коррупционированность контрольно-надзорных и таможенных органов.

3. Отсутствие действенных мер наказания за производство и реализацию фальсифицированной продукции.

4. Отсутствие четких критериев, позволяющих идентифицировать поддельные товары.

Длительное употребление в пищу фальсифицированных продуктов может вызывать негативные последствия.

В таблице 3 показано влияние на здоровье человека потребление некачественных пищевых продуктов.

Таблица 3.

Опасности и риски фальсификации пищевых продуктов

Table 3.

Hazards and risks of food adulteration

Фальсифицируемый параметр Falsifiable parameter	Возможные последствия Possible consequences
Полная или частичная замена сырья Complete or partial replacement of raw materials	Снижение пищевой ценности продукта ведет к развитию острых и хронических заболеваний Decreases the nutritional value of developing
Увеличение содержания воды Increase in water content	Снижение пищевой ценности, органолептических свойств, срока годности продукта, микробиологической безопасности Reduced nutritional value, organoleptic properties, shelf life of the product, reduced microbiological safety
Использование соевого белка The use of soy protein	Снижение пищевой ценности, органолептических свойств продукта, возможные отдаленные последствия для организма от приема генно-модифицированных продуктов (80% сои является ГМО). Reduced nutritional value, organoleptic properties, 80% of soy is genetically modified (GMO). long-term effects on the body
Использование пищевых добавок Use of food additives	Пищевые добавки являются продуктами пищевого синтеза, для организма – ксенобиотиками. Синергетическое взаимодействие добавок с другими вредными химическими веществами (нитратами, гербицидами и др.) может вызывать различные заболевания – от аллергии до онкологии. Food additives are products of food synthesis, for the body-xenobiotics. synergistic interaction of additives with other harmful chemicals (nitrates, herbicides, etc.). Causes from allergies to Oncology
Использование крахмала Use of starch	Снижение биологической и увеличение энергетической ценности продукта ведет к увеличению массы тела, развитию диабета и др. The biological value decreases, the energy value increases, which leads to an increase. body weight, diabetes, etc.

Заключение

Таким образом, из рассмотренных выше данных следует, что проблема безопасности и качества продовольственных товаров в России остается достаточно острой. С нашей точки зрения, с принятием нового постановления Правительства РФ от 28 апреля 2018 г. N 791-р «Об утверждении модели функционирования системы маркировки товаров средствами идентификации в Российской Федерации», все изменится к лучшему, но не кардинально в силу следующих факторов:

- низкой социальной ответственности предпринимателей в торговой отрасли;
- коррумпированности и плохой организации работы надзирающих органов;
- мягких мер наказания за реализацию и производство фальсифицированных и контрафактных товаров.

Для действенной борьбы с этими явлениями, в первую очередь, необходимо навести порядок в этих сферах. Необходимо обратить внимание на мелкую розничную торговлю, где надзор происходит крайне редко.

Литература

1. Котова Л.Г., Сафонова О.Н. Продовольственная безопасность в России и мире: современный аспект // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2016. № 1 (17). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prodovolstvennaya-bezopasnost-v-rossii-i-mire-sovremennyy-aspekt>.
2. Косарева О.А., Чернухина Г.Н. Новые методы оценки как необходимое условие повышения качества и безопасности продовольственных товаров // Вестник Академии. 2016. № 2. С. 60–65.
3. О защите прав потребителей: Федеральный закон № 2300-1-ФЗ от 07.02.1992.
4. О техническом регулировании: Федеральный закон № 184-ФЗ от 27.12.2002.
5. О качестве и безопасности пищевых продуктов: Федеральный закон № 29–ФЗ от 02.01.2000.
6. О безопасности пищевой продукции: Технический регламент таможенного союза ТР ТС 021/2011 от 09.12.2011.
7. Панасенко С.В., Мазунина Т.А., Воронина Э.В. Фальсификация продовольственных товаров как одна из проблем современной торговли // Российское предпринимательство. 2018. Т. 19. № 11. С. 3279–3288.
8. Зайнуллина А.Ш., Абиlseитов Б.Т., Алмаганбетова С.Т. Проблемы и перспективы безопасности пищевых продуктов // В сборнике: Современные исследования основных направлений гуманитарных и естественных наук; под ред. И.Т. Насретдинова, 2017. С. 113–117.
9. Черешнев В.А., Позняковский В.М. Проблема продовольственной безопасности: национальные и международные аспекты // Food industry. 2016. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-prodovolstvennoy-bezopasnosti-natsionalnye-i-mezhdunarodnye-aspekty>.
10. Canja C.M., Măzărel A., Lupu M.I., Pădureanu V. et al. Foodstuff falsification – a nowadays problem // Bulletin of the Transilvania University of Braşov. 2016. V. 9 (58). № 1. P. 69–74.
11. Sadiddin A. et al. Fraud in the Italian agri-food sector: introduction. Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Scienze per l'Economia e l'Impresa, 2018.
12. Grimm H.U. Information dominance in the European food industry: focus on Germany // International Food Law and Politics. Springer, Cham, 2016. P. 3–30.
13. Huck CW, Pezzei CK, Huck-Pezzei VAC Prospects for food fraud in the industry // Modern opinion in the field of food sciences. 2016. V. 10. P. 32–37.
14. Csapó J., Némethy S., Albert C. Food counterfeiting in general; fake milk and dairy products // Ecocycles. 2019. V. 5. № 1. P. 26–41.

References

1. Kotova L.G., Safonova O.N. Food Security in Russia and the World: Modern Aspect. Models, Systems, Networks in Economics, Technology, Nature and Society. 2016. no. 1 (17). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/prodovolstvennaya-bezopasnost-v-rossii-i-mire-sovremennyy-aspekt> (in Russian).
2. Kosareva O.A., Chernukhina G.N. New methods of assessment as a necessary condition for improving the quality and safety of food products. Academy Herald. 2016. no. 2. pp. 60–65. (in Russian).
3. On the protection of consumer rights: Federal Law no. 2300-1-FZ of 02/07/1992. (in Russian).
4. On technical regulation: Federal Law no. 184-FZ of December 27, 2002. (in Russian).
5. On the quality and safety of food products: Federal Law no. 29 – FZ of 02.01.2000. (in Russian).
6. On the safety of food products: Technical regulations of the customs union TR CU 021/2011 from 09.12.2011. (in Russian).
7. Panasenko S.V., Mazunina T.A., Voronina E.V. Falsification of food products as one of the problems of modern trade. Russian Journal of Entrepreneurship. 2018. vol. 19. no. 11. pp. 3279–3288. (in Russian).
8. Zaynullina A.Sh., Abilseitov B.T., Almagambetova S.T. Problems and prospects of food safety. In the collection: Modern studies of the main directions of the humanities and natural sciences; under the editorship of I.T. Nasretdinova. 2017. pp. 113–117. (in Russian).
9. Chereshev V.A., Poznyakovsky V.M. The problem of food security: national and international aspects. Food industry. 2016. no. 1. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-prodovolstvennoy-bezopasnosti-natsionalnye-i-mezhdunarodnye-aspekty> (in Russian).
10. Canja C.M., Măzărel A., Lupu M.I., Pădureanu V. et al. Foodstuff falsification – a nowadays problem. Bulletin of the Transilvania University of Braşov. 2016. vol. 9 (58). no. 1. pp. 69–74.

11 Sadiddin A. et al. Fraud in the Italian agri-food sector: introduction. Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Scienze per l'Economia e l'Impresa, 2018.

12 Grimm H.U. Information dominance in the European food industry: focus on Germany. International Food Law and Politics. Springer, Cham, 2016. pp. 3–30.

13 Huck CW, Pezzeri CK, Huck-Pezzeri VAC Prospects for food fraud in the industry. Modern opinion in the field of food sciences. 2016. vol. 10. pp. 32–37.

14 Csapó J., Némethy S., Albert C. Food counterfeiting in general; fake milk and dairy products. Ecocycles. 2019. vol. 5. no. 1. pp. 26–41.

Сведения об авторах

Айзанат К. Алиева д.б.н., профессор, кафедра торгового дела и товароведения, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Ул. Садовая, 21, г. Санкт-Петербург, Россия, aaizanat@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-427-9587>

Ольга А. Труевцева к.б.н., доцент, кафедра инженерного материаловедения и метрологии, Санкт-Петербургский Государственный университет промышленных технологий и дизайна, ул. Большая Морская, 18, г. Санкт-Петербург, 191186, Россия, ntruevts@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-2677-543X>

Information about authors

Aizanat K. Alieva Dr. Sci. (Biol.), professor, trading business and commodity science department, St. Petersburg State University of Economics, 21 Sadovaya street, St. Petersburg, 191023, Russia, aaizanat@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-427-9587>

Olga A. Truevtseva Cand. Sci. (Biol.), associate professor, engineering materials science and metrology department, St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Bolshaya Morskaya str., 18, St. Petersburg, 191186, Russia, ntruevts@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-2677-543X>

Вклад авторов

Айзанат К. Алиева обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты

Ольга А. Труевцева написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Contribution

Aizanat K. Alieva review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 02/07/2019	После редакции 15/07/2019	Принята в печать 30/07/2019
Received 02/04/2019	Accepted in revised 02/06/2019	Accepted 17/07/2019

Модель управления человеческим капиталом в системах принятия решений

Олег Д. Казаков¹ kod838@mail.ru  0000-0001-9665-8138Наталья Ю. Азаренко¹ salovanat@mail.ru  0000-0001-6644-418X¹ Брянский государственный инженерно-технологический университет, пр-т Ст.Димитрова, 3, г. Брянск, 241037, Россия

Аннотация. Разработана системная модель управления человеческим капиталом, которая, по мнению авторов, может стать важным дополнением для построения эффективной системы поддержки принятия решений в области социально-экономического развития региона. Взаимодействие субъектов модели может происходить с целью реализации инновационных процессов в ИТ-организациях. Разработанная системная модель управления человеческим капиталом учитывает особенности управления человеческим капиталом в цифровой экономике и включает три подсистемы: «Структура человеческого капитала», «Инструменты развития человеческого капитала», «Организационно-экономические инструменты управления человеческим капиталом». В работе использовались данные, полученные в ходе анализа более 100 инновационных предприятий, занимающихся исследованиями в том числе и в сфере информационных технологий. В результате исследования были сформированы размеченные данные по уровню эффективности развития человеческого капитала на основе первичной обработки финансовой отчетности инновационных организаций. Для определения направлений повышения качества человеческого капитала представлен подход к оценке уровня эффективности его развития на основе модели машинного обучения. Представлены значения метрик качества следующих алгоритмов машинного обучения для решения поставленной задачи: линейная регрессия; Random Forest; метод ближайших соседей. Для классификации предприятий региона по уровню эффективности развития человеческого капитала на основе открытой финансовой информации был выбран алгоритм Random Forest. Были выделены и сформулированы 11 наиболее точных правил классификации в иерархической последовательной структуре. Это позволит более полно учесть все аспекты управления интеллектуальными ресурсами в цифровой экономике.

Ключевые слова: человеческий капитал, развитие капитала, цифровая экономика, знания, машинное обучение, Random Forest

The Model of Human Capital Management in Decision Support Systems

Oleg D. Kazakov¹ kod838@mail.ru  0000-0001-9665-8138Natalya Y. Azarenko¹ salovanat@mail.ru  0000-0001-6644-418X¹ Bryansk State Engineering and Technology University, Stanke Dimitrova ave, 3 Bryansk, 241037, Russia

Abstract. A system model of human capital management has been developed, which, according to the authors, can be an important addition to building an effective decision support system in the field of socio-economic development of the region. The interaction of the subjects of the model can occur in order to implement innovative processes in IT organizations. The developed system model of human capital management takes into account the peculiarities of human capital management in the digital economy and includes three subsystems: "The structure of human capital", "Tools for the development of human capital", "Organizational and economic tools for managing human capital". The work used data obtained in the analysis of more than 100 innovative enterprises engaged in research, including in the field of information technology. As a result of the study, marked-up data were generated on the level of development efficiency of human capital based on the initial processing of financial statements of innovative organizations. To determine the directions of improving the quality of human capital, an approach to assessing the level of efficiency of its development based on the machine learning model is presented. The values of the quality metrics of the following machine learning algorithms for solving the problem are presented: linear regression; Random Forest; nearest neighbors method. To classify the region's enterprises according to the level of development efficiency of human capital based on open financial information, the Random Forest algorithm was chosen. 11 most accurate classification rules in a hierarchical sequential structure were identified and formulated. This will allow for more complete consideration of all aspects of intellectual resources management in the digital economy.

Keywords: human capital, capital development, digital economy, knowledge, machine learning, Random Forest

Введение

В последнее время на всех уровнях власти и управления обсуждается вопрос о переходе экономики регионов России к цифровой экономике. Требования нового времени – дефицит кадров в области мобильного интернета, облачных технологий, в области компьютерной производительности и больших данных, в области краудсорсинга и экономики совместного использования. Менеджер, владеющий цифровыми технологиями, должен обладать: 1) доступностью данных в режиме реального времени;

Для цитирования

Казаков О.Д., Азаренко Н.Ю. Модель управления человеческим капиталом в системах принятия решений // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 290–298. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-290-298

2) способностью к прогнозированию и принятию стратегических решений; 3) постоянным саморазвитием и возможностью обучаться с любого устройства в любом месте; 4) навыками виртуального сотрудничества; 5) навыками виртуального командообразования [10]. Т. Демарко и Т. Листер – инноваторы в управлении проектами – одними из первых обратили внимание на то, как создавать продуктивную команду, как эффективно реализовывать в том числе Digital-проекты через эффективное управление человеческими ресурсами [3].

For citation

Kazakov O.D., Azarenko N.Yu. The Model of Human Capital Management in Decision Support Systems. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 290–298. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-290-298

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

В условиях цифровой экономики меняется роль человека в производстве вследствие чего возникает необходимость дальнейшей автоматизации производства и управления человеческим капиталом, разработки моделей управления человеческим капиталом в условиях цифровой трансформации экономики. Факторами развития человеческого капитала в цифровой экономике становятся уровень образованности, цифровая грамотность и общая инновационная культура [11].

Л.Н. Борщева предложила механизм управления человеческим капиталом инновационной организации, который включает элементы организационного, психологического, физиологического воздействия на человеческий капитал сотрудников, следствием которого является повышение профессиональной, интеллектуальной отдачи [1]. Инновации выступают в роли локомотива регионального социально-экономического развития, обеспечивая его эффективность и рост производительности труда. В информационном обществе инновации прочно заняли место основного генератора экономического роста любой страны [7, 8].

В цифровой экономике интеллектуальные, творческие способности, креативность персонала ученые и практики рассматривают как основные конкурентные преимущества организации. Модернизация традиционных производственных отраслей и отраслей услуг, организации торговых закупок, смежных финансовых и логистических операций, изменение структуры потребления на фоне сквозного проникновения информационных технологий и цифровизации экономических процессов создает основу для формирования новых рынков и условий функционирования рынка, а также новых подходов к аналитике, прогнозированию и принятию управленческих решений [2, 9].

Машинное обучение применимо для решения задач городского хозяйства, а также в процессе принятия управленческих решений по управлению социально-экономическим развитием территории, в частности при прогнозировании ключевых показателей социально-экономического развития [5]. Авторы считают возможным построить модель машинного обучения для классификации инновационных организаций по уровню эффективности развития человеческого капитала.

Г.Н. Колесников разработал экономикоматематическую модель анализа оптимизационной модели формирования инвестиционной программы фирмы в области человеческого

капитала на чувствительность к изменению приоритетов развития различных направлений инвестирования человеческого капитала сотрудников фирмы методом сводных рандомизированных показателей [6]. Однако отсутствует обоснованная модель взаимодействия рынков интеллектуальной собственности, человеческого капитала и государственных инвестиций, разработка которой позволила бы определить те необходимые институциональные изменения, которые требуются для успешной цифровой трансформации экономики.

Разработаны теоретические положения мониторинга человеческого капитала аграрной сферы, определена система показателей мониторинга человеческого капитала региона [4], однако данная система не позволяет провести оценку качества и эффективности использования человеческого капитала АПК регионов в целом. Поэтому решение задачи разработки модели системы управления человеческим капиталом в различных отраслях национальной и региональной экономики в условиях цифровизации экономики остается актуальным.

Материалы и методы

Для исследования использовались данные национального рейтинга российских высокотехнологичных и быстроразвивающихся компаний «Техуспех»–2017. Экспертный совет составляют профессионалы, имеющие успешный опыт в развитии бизнеса конкретной отрасли.

Экспертами оцениваются не только финансовые показатели деятельности инновационных организаций, но и технологический уровень выпускаемой продукции, а также ее инновационность. В ходе исследования были проанализированы более 100 инновационных предприятий, занимающихся исследованиями в том числе и в IT-сфере. Полученная совокупная выборка включала 2828 значений показателей.

Разработана модель развития человеческого капитала в цифровой экономике (рисунок 1). Данная модель построена с использованием системного подхода к управлению человеческим капиталом, представлена подсистемами «Структура человеческого капитала», «Инструменты развития человеческого капитала», «Организационно-экономические инструменты управления человеческим капиталом», наглядно раскрывает существующие между этими элементами связи и отношения, отличается от имеющихся учетом факторов, под воздействием которых изменяется показатель уровня эффективности развития человеческого капитала.

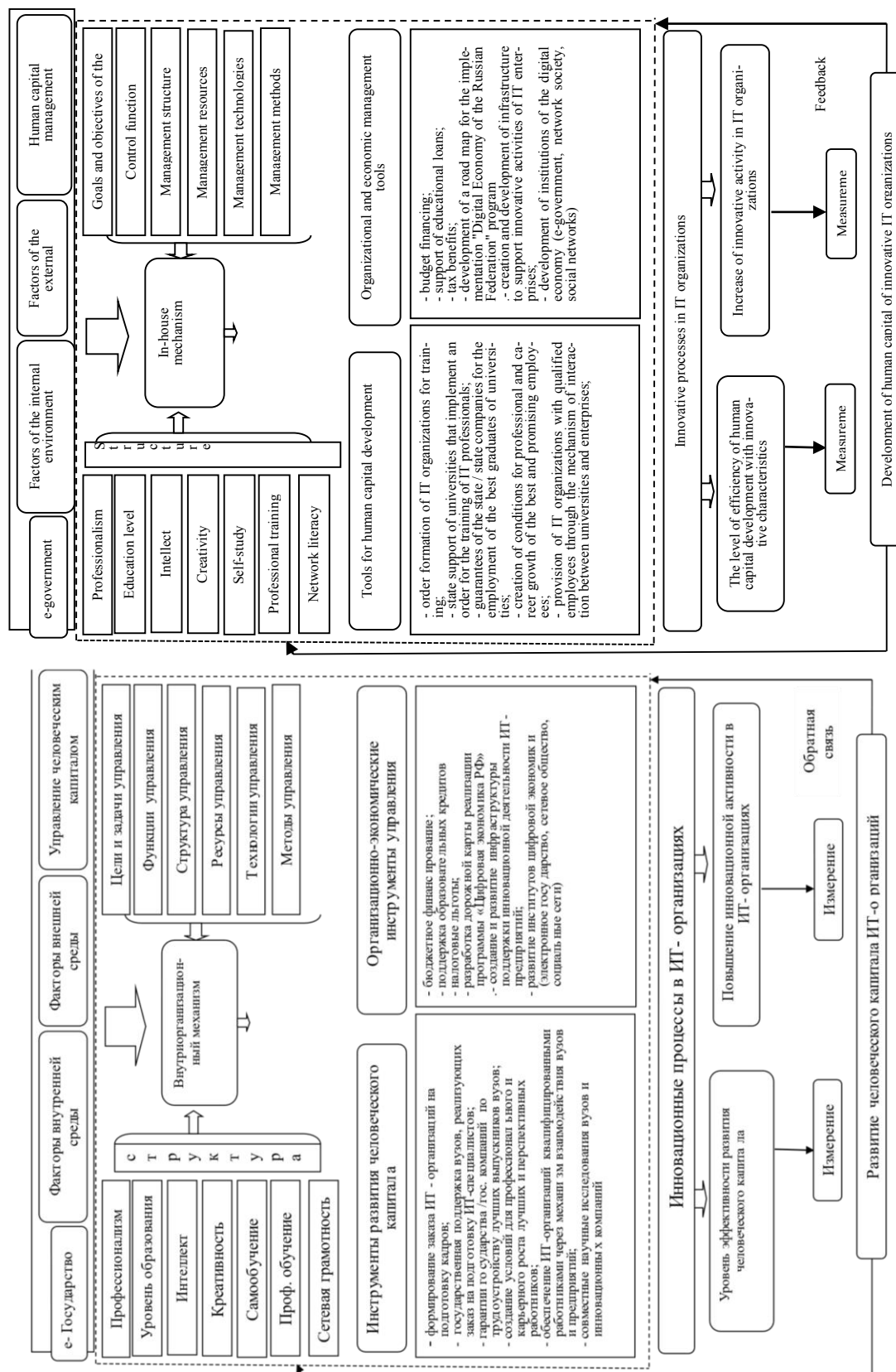


Рисунок 1. Модель управления человеческим капиталом организаций в цифровой экономике

Figure 1. A model of human capital management in the digital economy

Структурные характеристики, которые принимает человеческий капитал в условиях цифровизации экономики, складываются из уровня образования, профессионализма, уровня интеллекта, непрерывного обучения и самообучения, способности быть креативным, владения сетевой грамотностью.

Взаимодействие субъектов модели может происходить с целью реализации различных проектов в организации в ИТ-сфере, для чего могут быть созданы новые организационные структуры. Взаимодействие чаще всего будет происходить в виртуальном режиме, нежели в реальном.

В управлении человеческим капиталом организаций определены следующие принципы: синергии, проектного управления, инновационного управления, креативного управления, обратной связи, воспроизводственной сбалансированности, интегрированности с системой образования и промышленным сектором экономики, гибкости и адаптивности управления, оперативности, экономичности.

Статистические данные были получены на основе первичной обработки финансовой отчетности инновационных организаций, находящейся в открытом доступе на интернет-портале статистической информации Мультистат и в системе профессионального анализа компаний

«Спарк – Интерфакс», а также данные с портала «За честный бизнес». Полученная совокупная выборка включала 2828 значений показателей.

Экспертом были сформированы размеченные данные. Определен первый, второй, третий класс Y–уровня оценки эффективности развития человеческого капитала. К первому классу относим человеческий капитал с высокой социальной составляющей (высокая производительность труда, высокие управленческие расходы), но невысокой стоимостью нематериальных активов. Ко второму классу будем относить человеческий капитал с высокой инновационной составляющей (количество РИД, стоимость нематериальных активов). К третьему классу относим человеческий капитал со средним уровнем развития социальной составляющей, но как с высоким, так и низким уровнем развития инновационной составляющей.

Далее построена модель машинного обучения для классификации организаций по Y–уровню оценки эффективности развития человеческого капитала с инновационными характеристиками на основе данных по X1 – выручка, X2 – нематериальные активы, X4 – чистая прибыль, X5 – готовая продукция, X6 – управленческие расходы, X7 – количество работников, занимающихся инновациями, X8 – регистрация ЭВМ и баз данных (таблицы 1, 2).

Таблица 1.

Набор данных для построения модели машинного обучения

Table 1.

Data set for working out the machine learning model

	X1	X2	X4	X5	X6	X7	X8	Y	
0	1629.860	1.197	132.487	1591.172	0.000	140.0	22.0	1.0	0
1	1704.604	4.105	58.109	1652.918	0.000	140.0	22.0	1.0	1
2	1633.277	3.860	62.412	1585.678	0.000	169.0	22.0	1.0	2
3	1810.765	3.565	16.073	1764.501	0.000	165.0	22.0	1.0	3
4	2985.891	3.249	8.749	2886.079	0.000	178.0	22.0	1.0	4
5	4332.804	2.916	3.704	4152.103	0.000	184.0	22.0	1.0	5
6	38.621	0.008	0.867	37.710	0.000	9.0	1.0	2.0	6
7	88.554	10.065	23.772	66.453	0.000	10.0	1.0	2.0	7
8	296.472	11.480	-3.473	291.046	0.000	10.0	1.0	2.0	8
9	318.537	38.652	5.652	318.955	0.000	10.0	1.0	2.0	9
10	257.524	49.057	5.141	172.244	85.180	11.0	1.0	1.0	10
11	672.283	12.683	8.705	603.465	43.861	44.0	16.0	1.0	11
12	542.027	11.092	2.829	509.499	0.000	43.0	16.0	2.0	12
13	458.024	15.169	11.507	419.167	0.000	43.0	16.0	2.0	13
14	584.670	10.984	25.299	506.952	0.000	44.0	16.0	2.0	14
15	1478.982	9.337	127.904	1337.488	0.000	44.0	16.0	2.0	15
16	2576.371	11.633	339.286	2194.700	0.000	45.0	16.0	2.0	16
17	266.521	3.437	4.178	166.739	95.569	67.0	8.0	1.0	17
18	497.057	8.886	12.658	341.931	104.966	78.0	8.0	1.0	18
19	519.558	58.074	62.238	296.429	126.178	80.0	8.0	1.0	19
20	460.598	80.547	34.061	278.274	95.359	81.0	8.0	1.0	20
21	980.880	40.341	258.572	602.194	0.000	91.0	8.0	1.0	21
22	343.673	0.068	13.645	262.870	53.300	25.0	1.0	2.0	22

Продолжение табл. 1 | Continuation of table 1

	X1	X2	X4	X5	X6	X7	X8	Y	
23	393.078	0.063	80.726	296.683	93.473	26.0	1.0	2.0	23
24	345.003	0.057	75.454	242.319	125.492	26.0	1.0	2.0	24
25	343.699	0.052	71.280	237.928	124.232	26.0	1.0	2.0	25
26	470.164	20.427	97.643	382.645	51.144	27.0	1.0	2.0	26
27	778.400	23.236	169.125	345.001	111.000	27.0	1.0	2.0	27
28	562.346	0.147	49.340	76.558	37.430	13.0	5.0	1.0	28
29	1274.558	31.163	434.266	270.710	55.370	14.0	5.0	1.0	29
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
375	280.407	0.000	1.868	227252.000	51.220	219.0	1.0	3.0	375
376	2399.700	0.000	7.255	2311823.000	78.578	220.0	1.0	3.0	376
377	1448.683	0.000	5.920	1316781.000	86.901	222.0	1.0	3.0	377
378	3168.181	4.726	298.627	2296480.000	282.475	65.0	1.0	2.0	378
379	3721.964	4.237	183.610	2866320.000	344.975	68.0	1.0	2.0	379
380	4971.513	3.748	447.495	3731514.000	445.202	75.0	1.0	2.0	380
381	6870.465	3.704	1084.643	4807630.000	504.703	89.00	1.0	2.0	381
382	8199.478	2.687	1030.186	5715101.000	955.783	90.0	1.0	2.0	382
Всего 404 записи.									

Таблица 2.

Детерминанты для построения модели машинного обучения

Table 2.

Determinants for working out the machine learning model

X1	Выручка, млн р.	Revenue, mln RUB
X2	Нематериальные активы, млн р.	Intangible assets, mln RUB.
X4	Чистая прибыль, млн р.	Net profit, mln RUB.
X5	Готовая продукция, млн р.	End products, mln RUB.
X6	Управленческие расходы, млн р.	Management costs, mln RUB.
X7	Количество работников, занимающихся инновациями, чел.	The number of employees engaged in innovation, pers.
X8	Регистрация ЭВМ и баз данных, шт.	Registration of computers and databases, PCs.
Y	Уровень оценки эффективности развития человеческого капитала	The valuation level of efficiency of human capital development with innovative characteristics

Посмотрим, не связаны ли между собой какие-либо атрибуты. Сделать это можно, рассчитав коэффициенты корреляции для всех столбцов (таблица 3).

Таблица 3.

Расчет коэффициентов корреляции

Table 3.

Calculation of correlation coefficients

	X1	X2	X4	X5	X6	X7	X8	Y
X1	1.000000	0.396006	0.035698	0.379485	0.611336	0.222502	0.481412	-0.177429
X2	0.396006	1.000000	0.237907	-0.084350	0.161158	0.101219	0.293144	-0.201466
X4	0.035698	0.237907	1.000000	-0.013908	-0.000166	0.051692	0.175323	-0.047102
X5	0.379485	-0.084350	-0.013908	1.000000	0.158027	0.180687	-0.045112	-0.018455
X6	0.611336	0.161158	-0.000166	0.158027	1.000000	0.134607	0.601574	-0.202991
X7	0.222502	0.101219	0.051692	0.180687	0.134607	1.000000	0.259347	0.111472
X8	0.481412	0.293144	0.175323	-0.045112	0.601574	0.259347	1.000000	-0.291861
Y	-0.177429	-0.201466	-0.047102	-0.018455	-0.202991	0.111472	-0.291861	1.000000

Видим, что атрибуты не коррелируют между собой.

Для построения модели будем использовать следующие методы:

- линейной регрессии;
- Random Forest (Случайный лес);
- метод ближайших соседей.

Оценку будем производить с помощью коэффициента детерминации (R-квадрат). Данный коэффициент определяется следующим образом:

$$R^2 = 1 - \frac{V(y|x)}{V(y)} = 1 - \frac{\sigma^2}{\sigma_y^2},$$

где $V(y|x) = \sigma^2$ – условная дисперсия зависимой величины y по фактору x .

Коэффициент принимает значение на промежутке $[0, 1]$, и чем он ближе к 1, тем сильнее зависимость.

Наиболее очевидной мерой качества будет доля правильных ответов (accuracy):

= (1)

Параметры и метрики качества обучения
Случайный лес

```
DecisionTreeClassifier(class_weight =
None, criterion = 'gini', max_depth =
5, max_features = None,
max_leaf_nodes = None, min_impurity_decrease = 0.0, min_impurity_split = None, min_samples_leaf = 1, min_samples_split = 2,
min_weight_fraction_leaf = 0.0, pre-sort = False, random_state = 17,
splitter = 'best')
accuracy = 0.945679012345679
R-квадрат = 0.7515908659624264
```

Метод ближайших соседей

```
KNeighborsClassifier(algorithm = 'au-
to', leaf_size = 30, metric = 'min-
kowskii', metric_params = None,
n_jobs = 1, n_neighbors = 10, p = 2,
weights = 'uniform')
accuracy = 0.5246913580246914
R-квадрат = 0.42376592604046257
```

Параметры и метрики качества обучения
Линейная регрессия

```
LinearRegression(copy_X = True,
fit_intercept = True, n_jobs = 1,
normalize = False)
R-квадрат = 0.02376592604046257
accuracy = 0.3246913580246914
```

Можно сделать вывод, что лучше других с задачей справился метод RandomForest (случайный лес).

Определим вес каждого фактора в итоговой модели:

```
In [1238]: model.feature_importances_
Out [1238]: array ([0.06317437,
0.10236738, 0.03653996, 0.10318012,
0.22310093, 0.120697, 0.35094024])
```

В нашем случае видно, что больше всего на уровень оценки эффективности развития человеческого капитала влияют:

X6 – Управленческие расходы, млн. руб.
X8 – Регистрация ЭВМ и баз данных, шт.

Результаты и обсуждение

Получена обученная модель по алгоритму случайного леса (рисунок 2).

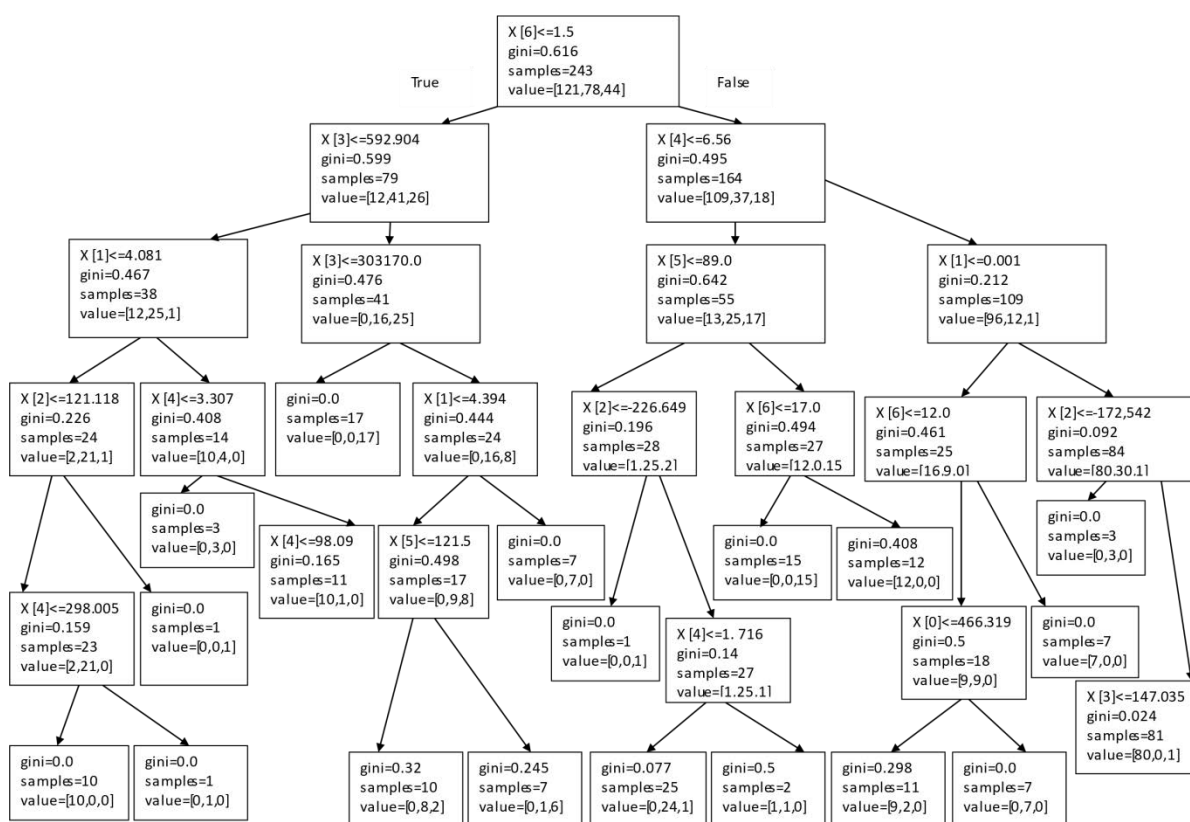


Рисунок 2. Обученная модель по алгоритму случайного леса

Figure 2. The taught model by random forest algorithm

Составим свод правил по данной модели.

- X[0] – Выручка, млн. руб.
- X[1] – Нематериальные активы, млн. руб.
- X[2] – Чистая прибыль, млн. руб.
- X[3] – Готовая продукция, млн. руб.
- X[4] – Управленческие расходы, млн. руб.
- X[5] – Количество работников, занимающихся инновациями
- X[6] – Регистрация ЭВМ и баз данных, шт.

Правило № 1. К организациям с уровнем эффективности развития человеческого капитала с инновационными характеристиками 2-го уровня относятся организации со следующим набором характеристик:

- X[6] – Регистрация ЭВМ и баз данных, шт. – меньше или равно 1,5
- X[3] – Готовая продукция, млн. руб. – меньше или равно значению 592,904;
- X[1] – Нематериальные активы, млн. руб. – меньше или равно 4,081;
- X[2] – Чистая прибыль, млн. руб. – меньше или равно значению 121,118.

Правило № 2. К организациям с уровнем эффективности развития человеческого капитала с инновационными характеристиками 1-го уровня относятся организации со следующим набором характеристик:

- X[6] – Регистрация ЭВМ и баз данных, шт. – меньше или равно 1,5
- X[1] – Нематериальные активы, млн. руб. – больше или равно 4,081;
- X[4] – Управленческие расходы, млн. руб. – больше или равно 3,307 и меньше или равно 98,09.

Правило № 3. К организациям с уровнем эффективности развития человеческого капитала с инновационными характеристиками 2 уровня относятся организации со следующим набором характеристик:

- X[6] – Регистрация ЭВМ и баз данных, шт. – меньше или равно 1,5
- X[3] – Готовая продукция, млн. руб. – меньше или равно значению 592,904;
- X[1] – Нематериальные активы, млн. руб. – больше или равно 4,081;
- X[4] – Управленческие расходы, млн. руб. – меньше или равно 3,307.

Правило № 4. К организациям с уровнем эффективности развития человеческого капитала с инновационными характеристиками 2-го уровня относятся организации со следующим набором характеристик:

- X[6] – Регистрация ЭВМ и баз данных, шт. – меньше или равно 1,5
- X[3] – Готовая продукция, млн. руб. – больше или равно значению 592,904;
- X[1] – Нематериальные активы, млн. руб. – меньше или равно 4,394;
- X[5] – Количество работников, занимающихся инновациями – меньше или равно 121,5

Правило № 5. К организациям с уровнем эффективности развития человеческого капитала с инновационными характеристиками 3-го уровня относятся организации со следующим набором характеристик:

- X[6] – Регистрация ЭВМ и баз данных, шт. – меньше или равно 1,5
- X[3] – Готовая продукция, млн. руб. – больше или равно значению 592,904;
- X[1] – Нематериальные активы, млн. руб. – меньше или равно 4,394;
- X[5] – Количество работников, занимающихся инновациями – больше или равно 121,5

Правило № 6. К организациям с уровнем эффективности развития человеческого капитала с инновационными характеристиками 2-го уровня относятся организации со следующим набором характеристик:

- X[6] – Регистрация ЭВМ и баз данных, шт. – меньше или равно 1,5
- X[3] – Готовая продукция, млн. руб. – больше или равно значению 592,904;
- X[1] – Нематериальные активы, млн. руб. – больше или равно 4,394.

Правило № 7. К организациям с уровнем эффективности развития человеческого капитала с инновационными характеристиками 2-го уровня относятся организации со следующим набором характеристик:

- X[6] – Регистрация ЭВМ и баз данных, шт. – больше или равно 1,5
- X[5] – Количество работников, занимающихся инновациями – меньше или равно 89
- X[2] – Чистая прибыль, млн. руб. – больше или равно значению – 226,649.
- X[4] – Управленческие расходы, млн. руб. – меньше или равно 1,716.

Правило № 8. К организациям с уровнем эффективности развития человеческого капитала с инновационными характеристиками 3-го уровня относятся организации со следующим набором характеристик:

- X[6] – Регистрация ЭВМ и баз данных, шт. – меньше или равно 17, больше или равно 1,5
- X[5] – Количество работников, занимающихся инновациями – больше или равно 89

Правило № 9. К организациям с уровнем эффективности развития человеческого капитала с инновационными характеристиками 1-го уровня относятся организации со следующим набором характеристик:

- X[6] – Регистрация ЭВМ и баз данных, шт. – больше или равно 1,5, меньше или равно 12
- X[4] – Управленческие расходы, млн. руб. – больше или равно 6,56.

X[1] – Нематериальные активы, млн. руб. – меньше или равно 0,001.
X[0] – Выручка, млн. руб. – больше или равно 466,319

Правило № 10. К организациям с уровнем эффективности развития человеческого капитала с инновационными характеристиками 2-го уровня относятся организации со следующим набором характеристик:

X[6] – Регистрация ЭВМ и баз данных, шт. – больше или равно 1,5
X[4] – Управленческие расходы, млн. руб. – больше или равно 6,56.
X[1] – Нематериальные активы, млн. руб. – больше или равно 0,001.
X[2] – Чистая прибыль, млн. руб. больше или равно значению – 172,542.
X[3] – Готовая продукция, млн. руб. – меньше или равно значению 147,035

Правило № 11. К организациям с уровнем эффективности развития человеческого капитала с инновационными характеристиками 2-го уровня относятся организации со следующим набором характеристик:

X[6] – Регистрация ЭВМ и баз данных, шт. – больше или равно 1,5
X[4] – Управленческие расходы, млн. руб. – больше или равно 6,56.
X[2] – Чистая прибыль, млн. руб. меньше или равно значению – 172,542.
X[1] – Нематериальные активы, млн. руб. – больше или равно 0,001.

Заключение

Проведенное исследование показало, что принятие решений по управлению человеческим капиталом в регионе невозможно без высокого качества человеческого капитала и высокого уровня знаний.

Авторами определены показатели, с помощью которых можно оценивать эффективность развития человеческого капитала, в частности экспертно-аналитическим путем. На уровень эффективности человеческого капитала влияют управленческие расходы и регистрация ЭВМ и баз данных.

Для того чтобы было возможно классифицировать предприятия региона по уровню эффективности развития человеческого капитала, с помощью алгоритма Random Forest на основе открытой финансовой информации была построена модель машинного обучения и определены правила классификации.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, договор № 18-41-320003\19, проект «Математическое моделирование социально-экономического развития региона в системах поддержки принятия решений с использованием адаптивных методов машинного обучения и имитационного моделирования в условиях неопределенности».

Литература

1. Борщёва Н.Л. Механизм управления человеческим капиталом сотрудников инновационной организации // Инновационная наука. 2016. № 1–1. С. 33–37. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mehanizm-upravleniya-chelovecheskim-kapitalom-sotrudnikov-innovatsionnoy-organizatsii>
2. Wetherbe J.C., Turban E., Leidner D.E., McLean E.R. Information technology for management: Transforming organizations in the digital economy. New York: Wiley, 2007.
3. Demarco T., Lister T. The Human Factor: Successful Projects and Teams: trans. M. Zislis, 2 nd ed. Moscow: Symbol. 249 p.
4. Горбунова О.С. Влияние потенциала формирования человеческого капитала на экономическое состояние сельского хозяйства // Бизнес. Образование. Право. 2018. № 4 (45). С. 226–231.
5. Kazakov O.D., Novikov S.P., Kulagina N.A., Shlapakova S.N. Development of the Concept of Management of Economic Systems Processes through Construction and Calling of Machine Learning Models // 2018 IEEE International Conference “Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies”. 2018. doi: 10.1109/ITMQIS.2018.8524985
6. Колесников Г.И., Хованов Н.В., Юдаева М.С. Применение метода квантификации нечисловых оценок вероятности для выбора оптимального портфеля ценных бумаг // Вестник СПбГУ. Экономика. 2007. № 3. С. 58–68. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-metoda-kvantifikatsii-nechislovyh-otsenok-veroyatnosti-dlya-vybora-optimalnogo-portfelya-tsennyh-bumag>
7. Кулагина Н.А., Михеенко О.В. Инновационная трансформация социально-экономической системы России как условие обеспечения ее экономической безопасности // Проблемы теории и практики управления. 2018. № 6. С. 8–16
8. Михеенко О.В. К вопросу формирования инновационной инфраструктуры // Вестник Брянского государственного университета. 2015. № 3. 317–319.
9. Novikov S.P. Kazakov O.D.; Kulagina N.A., Azarenko N.Yu. Blockchain and Smart Contracts in a Decentralized Health Infrastructure // 2018 IEEE International Conference “Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies”. 2018. doi: 10.1109/ITMQIS.2018.8524970
10. Салихов Б.В., Летунов Д.А. Интеллектуальный капитал как фактор современного производства (морально-экономическая онтология): монография. Москва: МГОУ, 2009. 129 с.
11. Mokir J. Dary Athens. Historical origins of economics. Moscow: Gaidar Institute, 2012. 406 p.

References

- 1 Borshcheva N.L. The mechanism of human capital management of employees of an innovative organization. *Innovation Science*. 2016. no. 1–1. pp. 33–37. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/mechanizm-upravleniya-chelovecheskim-kapitalom-sotrudnikov-innovatsionnoy-organizatsii> (in Russian).
- 2 Wetherbe J.C., Turban E., Leidner D.E., McLean E.R. *Information technology for management: Transforming organizations in the digital economy*. New York, Wiley, 2007.
- 3 Demarco T., Lister T. *The Human Factor: Successful Projects and Teams*: trans. M. Zislis, 2 nd ed. Moscow, Symbol. 249 p.
- 4 Gorbunova O.S. The effect of cooperation on the formation of human capital on the economic condition of agriculture. *Business. Education. Right*. 2018. no. 4 (45). pp. 226–231. (in Russian).
- 5 Kazakov O.D., Novikov S.P., Kulagina N.A., Shlapakova S.N. Development of the Concept of Management of Economic Systems Processes through Construction and Calling of Machine Learning Models. 2018 IEEE International Conference “Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies”. 2018. doi: 10.1109/ITMQIS.2018.8524985
- 6 Kolesnikov G.I., Khovanov N.V., Yudaeva M.S. Application of the method of quantification of non-numeric probability estimates to select the optimal portfolio of securities. *Vestnik SPbGU. Economics*. 2007. no. 3. pp. 58–68. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-metoda-quantifikatsii-nechislennykh-otsenok-veroyatnosti-dlya-vybora-optimalnogo-portfelya-tsennykh-bumag> (in Russian).
- 7 Kulagina N.A., Mikheenko O.V. In-novative transformation of the socio-economic system of Russia as a condition of ensuring its economic security. *Problems of theory and practice of management*. 2018. no. 6. pp. 8–16. (in Russian).
- 8 Miheenko O.V. To the question of formation of innovative infrastructure. *Bulletin of Bryansk state University*. 2015. no. 3. pp. 317–319. (in Russian).
- 9 Novikov S.P., Kazakov O.D., Kulagina N.A., Azarenko N.Yu. Blockchain and Smart Contracts in a Decentralized Health Infrastructure. 2018 IEEE International Conference “Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies”. 2018. doi: 10.1109/ITMQIS.2018.8524970
- 10 Salikhov B.V., Letunov D.A. *Intellectual capital as a factor of modern production (moral and economic ontology)*: monograph. Moscow, MGOU, 2009. 129 p. (in Russian).
- 11 Mokir J. *Dary Athens. Historical origins of economics*. Moscow, Gaidar Institute, 2012. 406 p.

Сведения об авторах

Олег Д. Казаков к.э.н., доцент, кафедра информационных технологий, Брянский государственный инженерно-технологический университет, пр-т Ст. Димитрова, 3, г. Брянск, 241037, Россия, kod838@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-9665-8138>

Наталья Ю. Азаренко к.э.н., доцент, кафедра государственного управления и финансов, Брянский государственный инженерно-технологический университет, пр-т Ст. Димитрова, 3 г. Брянск, 241037, Россия, salovanat@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-6644-418X>

Information about authors

Oleg D. Kazakov Cand. Sci. (Econ.), associate professor, information technology department, Bryansk State Engineering and Technology University, Stanke Dimitrova ave, 3 Bryansk, 241037, Russia, kod838@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-9665-8138>

Natalya Y. Azarenko Cand. Sci. (Econ.), associate professor, public administration and finance department, Bryansk State Engineering and Technology University, Bryansk, Russia, Stanke Dimitrova ave, 3 Bryansk, 241037, Russia, salovanat@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-6644-418X>

Вклад авторов

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

Contribution

Authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 21/07/2019	После редакции 06/08/2019	Принята в печать 17/08/2019
Received 21/07/2019	Accepted in revised 06/08/2019	Accepted 17/08/2019

Информационно-инструментарное обеспечение процедур бизнес-анализа

Галина В. Беляева	¹	kafbuhuchet@ya.ru	 0000-0002-4427-9587
Роман В. Нуждин	¹	rv.voronezh@gmail.com	 0000-0002-1494-5588
Наталия И. Пономарева	¹	ponomareva220387@ya.ru	 0000-0002-2638-3244
Екатерина А. Саввина	¹	katenok2207@ya.ru	 0000-0002-4610-103x
Татьяна Д. Артёменко	¹	t.310397@ya.ru	 0000-0002-4718-739x

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

Аннотация. Информационно-инструментарное обеспечение бизнес-аналитических процедур предполагает выбор методов и разработку инструментов, которые в совокупности представляют собой методическое обоснование (схему) формирования учетной информации. Последовательность иерархических процедур состоит из оценки строго обоснованных параметров, показателей и индикаторов, выявления отклонений, с той или иной стороны характеризующих соблюдение норм и нормативов, нормативных и плановых величин. Алгоритмизацию процедур предлагается проводить в соответствии с очередностью реализации основных бизнес-процессов, включающей четыре этапа: заготовление сырья и материалов, производство готовой продукции, реализацию готовой продукции, определение финансовых результатов. Ввиду отсутствия единой методики учета отклонений для целей индикативного управления в отечественной практике, а также с целью устранения противоречий и недоработок в имеющихся подходах предложено дополнить новыми учетно-аналитическими атрибутами инструменты системы «Standard-cost». Расширенные возможности систематизации выявленных отклонений по их видам (количественные, качественные и стоимостные (монетарные)) и по этапам реализации бизнес-процессов обеспечиваются разработанными многоуровневыми аналитическими счетами и специфическими бухгалтерскими записями. Уровневая детализация и учет отклонений позволяют формировать данные с высокой аналитической ёмкостью и с помощью оценочных инструментов получать резюмирующую информацию для принятия результативных управленческих решений. Реализация предложенного информационно-инструментарного подхода в бизнес-аналитической практике даст возможность превентивно контролировать вектор и уровень отклонений, выявлять причины их проявления и ответственных лиц, более точно прогнозировать результаты приложения усилий и принимать оперативные меры по обеспечению должного уровня достижения целей с учетом стратегических и оперативных интересов организации.

Ключевые слова: бизнес-анализ, информационное обеспечение, схема учета, аналитические счета, стандарт-кост, учет отклонений, индикативное управление

Information and tool support of business analysis procedures

Galina V. Belyeva	¹	kafbuhuchet@ya.ru	 0000-0002-4427-9587
Roman V. Nuzhdin	¹	rv.voronezh@gmail.com	 0000-0002-1494-5588
Nataliya I. Ponomareva	¹	ponomareva220387@ya.ru	 0000-0002-2638-3244
Ekaterina A. Savvina	¹	katenok2207@ya.ru	 0000-0002-4610-103x
Tatiana D. Artemenko	¹	t.310397@ya.ru	 0000-0002-4718-739x

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. Information and instrumental support of business analytical procedures involves the selection of methods and the development of tools, which together constitute a methodological justification (scheme) for the formation of accounting information. The sequence of hierarchical procedures consists of evaluating strictly justified parameters and indicators, identifying deviations that characterize compliance with norms and standards, normative and planned values. It is proposed to carry out the algorithmization of procedures in accordance with the sequence of implementation of the main business processes, which includes four stages: procurement of materials, production of products, sale of products, determination of financial results. Due to the lack of a unified methodology for accounting for deviations for the purposes of indicative management in domestic practice, as well as to eliminate contradictions and shortcomings in the existing approaches, it is proposed to supplement the tools of the Standard-cost system with new accounting and analytical attributes. Enhanced systematization of the revealed deviations by their types (quantitative, qualitative and cost (monetary)) and by the stages of the implementation of business processes are provided by the developed multi-level analytical accounts and specific accounting records. Detailing by level and accounting for deviations make it possible to generate data with a high analytical capacity and using summarizing tools to obtain summarizing information for making effective management decisions. Implementation of the proposed information-instrumental approach in business analytical practice will provide an opportunity to proactively monitor the vector and level of deviations, identify the causes of their manifestations and those responsible, more accurately predict the results of efforts and take operational measures to ensure the proper level of achievement of goals in accordance with strategic and operational interests organization.

Keywords: business analysis, information support, accounting scheme, analytical accounts, standard cost, accounting deviations, indicative management

Для цитирования

Беляева Г.В., Нуждин Р.В., Пономарева Н.И., Саввина Е.А., Артёменко Т.Д. Информационно-инструментарное обеспечение процедур бизнес-анализа // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 299–305. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-299-305

For citation

Belyeva G.V., Nuzhdin R.V., Ponomareva N.I., Savvina E.A., Artemenko T.D. Information and tool support of business analysis procedures. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 299–305. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-299-305

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

В настоящее время хозяйствующие субъекты осуществляют экономическую деятельность в условиях трансформации бизнес-среды и усиления турбулентности социально-экономических изменений, связанных с цифровизацией экономики. Тем не менее, менеджмент организаций должен обеспечивать выработку управленческих решений, направленных на повышение конкурентоспособности, в том числе за счет выявления и реализации неиспользованных и недоиспользованных возможностей, индикация которых не всегда осуществима при использовании традиционного учетно-аналитического инструментария.

Реализация индикативного подхода сопряжена с выбором определенных индикаторов, уровень которых характеризует отклонения от целевых значений, обеспечивающих выполнение бюджетов, достижение оперативных и стратегических целей. Бюджетирование как неотъемлемая часть управления делает основной акцент на формировании монетарных ориентиров, сравнение с которыми позволяет оценить в пространстве и во времени результативность экономической деятельности организации в целом, а также её отдельных подразделений, направлений и процессов.

В данном контексте в работе поставлена цель – на основе преимуществ методологии системы «Standard-cost» разработать инструментальное обеспечение для действенной реализации учетно-аналитических процедур. Достижение цели сопряжено с выполнением следующих требований, обусловленных в том числе повышением значимости информационно-коммуникационного инструментария бизнес-анализа, во-первых, должны быть реализованы преимущества управленческого (нерегламентированного) учета и обеспечена возможность детализации, агрегации и трансформации информации в данные, необходимые и достаточные для проведения оценочных процедур. Во-вторых, контрольно-аналитические процедуры должны способствовать не только выявлению отклонений, но и установлению причин их возникновения и ответственных лиц. В-третьих, информационно-коммуникационный инструментарий должен обеспечить возможность его реализации посредством ИКТ.

Обсуждение

Проведенный контент-анализ публикаций свидетельствует о том, что использование методологии «Standard-cost» в значительной степени соответствует требованиям индикативного управления и обладает достаточным методологическим потенциалом для выполнения информационно-аналитических процедур [1–2].

В то же время, не апеллируя к содержательным различиям названного и нормативного методов, считаем необходимым указать на области, требующие уточнения и развития для целей бизнес-анализа и индикативного управления [3–4].

Разноцелевое восприятие системы «Standard-cost» (как системы учета затрат, калькулирования себестоимости, анализа затрат, управления затратами) [4–6] и разнонаправленное применение ее инструментария (для учета, анализа, контроля, управления) [7] предопределяют наличие определенной рассогласованности категорийного (понятийного) аппарата. С целью обеспечения единого подхода к пониманию информационно-коммуникационного инструментария бизнес-анализа и отдельных его атрибутов нами принимаются следующие содержательные допущения:

- норма – это абсолютная предельно допустимая (максимальная /минимальная) величина (в стоимостном, натуральном или ином выражении), установленная на единицу объема, времени и т. д.;
- норматив (нормативная величина) – это относительная величина, представленная в виде коэффициентов или в долях;
- плановая величина – это значение, полученное с помощью установленных норм, нормативов в расчете на запланированный объем (период времени);
- нормированная величина – это значение, полученное с помощью установленных норм, нормативов в пересчете на фактический объем (период времени).

Процесс формирования бюджета на основе норм и нормативов представляет собой формализацию финансовой модели, обеспечивающей при выполнении заданных условий и соблюдении установленных ограничений достижение оперативных целей [2, 8, 9]. В данном контексте главный бюджет организации воспринимается нами как система взаимосвязанных бюджетов и источник целевых, прежде всего, монетарных ориентиров, отклонения от которых возникают в процессе осуществления экономической деятельности, в том числе на этапах заготовления, производства и реализации. Поэтому фрагментарное (избирательное) применение «Standard-cost» только для двух последних этапов, нашедшее отражение в работах многих авторов, является, по нашему мнению, не совсем оправданным и требует соответствующих корректировок [4, 7, 9, 10].

Основной идеей системы «Standard-cost», по мнению М.А. Вахрушиной, является отражение затрат, которые должны возникнуть, а не тех, что уже возникли, т. е. отражению в учете подлежит «не сущее, а должное, и обособленно

возникшие отклонения» [11]. Мы разделяем мнение автора и считаем, что также должна быть обеспечена возможность оценки количественных, стоимостных и качественных отклонений и их влияния на формирование финансовых результатов (таблица 1). Таким образом, движение информации о фактически достигнутых результатах на каждом этапе имеет два вектора:

- отражение в виде нормативных значений (суммарно совпадающих со значениями соответствующих бюджетов за определенный период) и в дальнейшем списание на следующий этап;
- формализация в виде отклонений, которые выявляются на I–III этапах и списываются только на IV этапе определения финансовых результатов.

Таблица 1.

Основные индикаторы отклонений

Table 1.

Key indicators of deviations

Этап Stage	Вид отклонений Type of deviations		
	Количественные Quantitative	Стоимостные (монетарные) Cost (monetary)	Качественные Qualitative
1. Заготовление Acquisition	Объем заготовленных (оприходованных) сырья и материалов Number of acquired materials	Цена заготовления (приобретения) сырья и материалов Acquisition price of materials	–
2. Производство Production	Объем производства (выпуска) готовой продукции Quantity of products produced	Стоимость единицы труда Unit cost of labor	Трудоемкость; расход сырья и материалов Laboriousness; material consumption
3. Реализация Selling	Объем реализации готовой продукции The number of sales	Цена реализации готовой продукции Sales price of finished products	–
4. Определение финансовых результатов Determination of financial results	–	Финансовый результат Financial result	–

Необходимо отметить, что качественные отклонения могут проявляться только на этапе производства в виде несоответствия фактического расхода материалов и трудоемкости установленным в организации нормативам [12]. На IV этапе проводится:

- определение фактических значений финансовых результатов посредством сопоставления ранее учтенных нормативных значений и итоговых сумм отклонений (по предыдущим трем этапам по каждому виду);
- выявление отклонений фактических финансовых результатов от установленных нормативных значений (по данным соответствующего бюджета).

Традиционно для учета отклонений используется активно-пассивный счет 16 «Отклонение в стоимости материальных ценностей», на котором отражаются все отклонения от установленных нормативов: по материалам, трудозатратам, накладным расходам [5-7]. Для обеспечения искомых возможностей учетно-аналитической системы нами предлагается открывать следующие аналитические счета:

- 16.01 – отклонения на этапе заготовления;
- 16.01.01 – отклонения по количеству;
- 16.01.02 – отклонения по цене приобретения;

- 16.02 – отклонения на этапе производства;
- 16.02.01 – отклонения по объему производства;
- 16.02.02.01 – отклонения по ставке заработной платы;
- 16.02.02.02 – отклонения по ставке переменных общепроизводственных расходов (ОПР);
- 16.02.02.03 – отклонения по ставке постоянных ОПР;
- 16.02.03.01 – отклонения по норме расхода материально-производственных запасов (МПЗ);
- 16.02.03.02 – отклонения по трудоемкости;
- 16.03 – отклонения на этапе реализации;
- 16.03.01 – отклонения по объему продаж;
- 16.03.02 – отклонения по цене продаж;
- 16.04 – совокупное отклонение;
- 16.04.01 – совокупные количественные отклонения;
- 16.04.02 – совокупные стоимостные отклонения;
- 16.04.03 – совокупные качественные отклонения.

Таким образом, на субсчетах первого уровня отклонения аккумулируются по каждому этапу, на субсчетах второго уровня – по виду отклонений, на субсчетах третьего уровня (II этап) приводится детализация отклонений. Аналогичный подход может быть применен для организации учета отклонений по видам продукции (таблица 2).

Таблица 2.

Методическое обеспечение учета отклонений для целей индикативного управления

Table 2.

Methodological support of deviations accounting for the purposes of indicative management

Хозяйственная операция Economic operation	Дебет Кредит Debet Credit	Характеристика Characteristic	Условие Condition
1	2	3	4
<i>I этап заготовления stage of acquisition</i>			
Оприходованы на склад материалы от поставщиков Materials received from suppliers	10/60	Плановая величина Planned value	$V_1^p; P_1^p$
Отражено отклонение стоимости материалов (по объему (V_1)) The deviation of the cost of materials is taken into account (by quantity (V_1))	16.01.01/60	–	$V_1^f > V_1^p$
	60/16.01.01	+	$V_1^f < V_1^p$
Отражено отклонение стоимости материалов (по цене приобретения (P_1)) The deviation of the cost of materials is taken into account (by price (P_1))	16.01.02/60	–	$P_1^f > P_1^p$
	60/16.01.02	+	$P_1^f < P_1^p$
<i>II этап производства stage of production</i>			
Произведено списание материалов на основное производство Cancellation of materials on the main production	20/10	Плановая величина planned value	$P_1^p = \text{const}$ $V_2^p; H^p$
Отражено отклонение стоимости материалов (по объему производства (V_2)) The deviation of the cost of materials is taken into account (by quantity of production (V_2))	16.02.01/10	–	$V_2^f > V_2^p$
	10/16.02.01	+	$V_2^f < V_2^p$
Отражено отклонение стоимости материалов (по норме расхода материалов (H)) The deviation of the cost of materials is taken into account (by quantity of production (H)) (by standard of material consumption per unit (H))	16.02.03.01/10	–	$H^f > H^p$
	10/16.02.03.01	+	$H^f < H^p$
Начислена заработная плата основным производственным рабочим The charging of wages to the main production workers	20/70	Плановая величина planned value	$V_2^p; L^p; I^p$
Отражено отклонение расходов на оплату труда (по объему производства (V_2)) The deviation of the wages is taken into account (by quantity of production (V_2))	16.02.01/70	–	$V_2^f > V_2^p$
	70/16.02.01	+	$V_2^f < V_2^p$
Отражено отклонение расходов на оплату труда (по ставке заработной платы (L)) The deviation of the wages is taken into account (by level of cost of labor (L))	16.02.02.01/70	–	$L^f > L^p$
	70/16.02.02.01	+	$L^f < L^p$
Отражено отклонение расходов на оплату труда (по уровню трудоемкости (I)) The deviation of the wages is taken into account (by labor input (I))	16.02.03.02/70	–	$I^f > I^p$
	70/16.02.03.02	+	$I^f < I^p$
Включены в себестоимость продукции общепроизводственные расходы General production costs (GPC) are included in the cost of production	20/25	Плановая величина Planned value	$V_2^p; L_v^p$
Отражено отклонение суммы ОПР (по объему производства (V_2)) The deviation of GPC is taken into account (by quantity of production (V_2))	16.02.01/25	–	$V_2^f > V_2^p$
	25/16.02.01	+	$V_2^f < V_2^p$
Отражено отклонение суммы ОПР (по ставке переменных ОПР (L_v)) The deviation of GPC is taken into account (by variable part of GPC input (L_v))	16.02.02.02/25	–	$L_v^f > L_v^p$
	25/16.02.02	+	$L_v^f < L_v^p$
Отражено отклонение суммы ОПР (по ставке постоянных ОПР (L_p)) The deviation of GPC is taken into account (by permanent part of GPC input (L_p))	16.02.02.03/25	–	$L_p^f > L_p^p$
	25/16.02.02.03	+	$L_p^f < L_p^p$
Произведена готовая продукция Output of goods	43/20	Плановая величина Planned value	plan
<i>III этап реализации stage of selling</i>			
Отражена выручка от продаж (продажа готовой продукции) Accrued revenue	62/90.1	Плановая величина Planned value	$V_3^p; P_2^p$
Отражено отклонение выручки (по объему продаж (V_3)) The deviation of revenue is taken into account (by quantity of sales (V_3))	16.03.01/62	–	$V_3^f > V_3^p$
	62/16.03.01	+	$V_3^f < V_3^p$
Отражено отклонение выручки (по цене продаж (P_2)) The deviation of revenue is taken into account (by price of sales (P_2))	16.03.02/62	–	$P_2^f > P_2^p$
	62/16.03.02	+	$P_2^f < P_2^p$
Списана себестоимость реализованной продукции (C) Cost of sales is written off (C)	90.2/43	Плановая величина Planned value	$V_3^p; C^p$
Отражено отклонение себестоимости (по объему продаж (V_3)) The deviation of cost is taken into account (by quantity of sales (V_3))	16.03.01/43	–	$V_3^f < V_3^p$
	43/16.03.01	+	$V_3^f > V_3^p$

Продолжение табл. 2 | Continuation of table 2

1	2	3	4
<i>IV Этап определения финансового результата stage of determination of financial result</i>			
Получена прибыль (Pr) Profit is accrued (Pr)	90.9/99	Плановая величина Planned value	P_r^p
Сформирована совокупная величина количественных отклонений The aggregate value of quantitative deviations is formed	16.04.01/16.01.01 16.04.01/16.02.01 16.04.01/16.03.01	–	-
	16.01.01/16.04.01 16.02.01/16.04.01 16.03.01/16.04.01	+	-
Сформирована совокупная величина стоимостных отклонений The aggregate value of cost deviations is formed	16.04.02/16.01.02 16.04.02/16.02.02 16.04.02/16.03.02	–	-
	16.01.02/16.04.02 16.02.02/16.04.02 16.03.02/16.04.02	+	-
Сформирована совокупная величина качественных отклонений The aggregate value of qualitative deviations is formed	16.04.03/16.01.03 16.04.03/16.02.03 16.04.03/16.03.03	–	-
	16.01.03/16.04.03 16.02.03/16.04.03 16.03.03/16.04.03	+	-
Списаны совокупные количественные отклонения Total quantitative deviations is written off	99/16.04.01	–	$P_r^f < P_r^p$
	16.04.01/99	+	$P_r^f > P_r^p$
Списаны совокупные стоимостные отклонения Total cost deviations is written off	99/16.04.02	–	$P_r^f < P_r^p$
	16.04.02/99	+	$P_r^f > P_r^p$
Списаны совокупные качественные отклонения Total quality deviations is written off	99/16.04.03	–	$P_r^f < P_r^p$
	16.04.03/99	+	$P_r^f > P_r^p$

¹ p – план (plan), f – факт (fact), n – норма (norm)

Запись отклонений общепроизводственных расходов отличается по времени и технике от отражения отклонений прямых затрат труда и материалов. Сначала общая сумма общепроизводственных расходов отражается по дебету счета 20 «Основное производство» по нормативам. Отклонение фактических расходов от нормативных определяется позднее, когда синтетический счет 25 «Общепроизводственные расходы», где по дебету собираются все фактически понесенные общепроизводственные расходы, а по кредиту – нормативные общепроизводственные расходы, закрывается в конце периода.

При традиционной схеме учета в конце отчетного периода проводкой: Дебет 90.9 Кредит 99 отражается фактический финансовый результат; совокупное отклонение со счета 16 «Отклонение в стоимости материальных ценностей», рассчитанное как разница между дебетовыми и кредитовыми оборотами, списывается на счет 90 «Продажи». При этом если дебетовый оборот больше кредитового, то делается дополнительная проводка Дебет 90.2 Кредит 16 – все отклонения включаются в себестоимость проданной продукции, в противном случае делается сторнировочная запись. Сложившаяся учетная

практика, по нашему мнению, не совсем корректна по следующим причинам:

- неясно, каким образом закрываются субсчета, открытые к счету 16 для учета каждого вида отклонения;
- отклонения, возникшие на этапе реализации, в большей степени должны корректировать выручку, а не себестоимость;
- корректировка финансового результата не осуществляется (корректируется только себестоимость).

Для устранения указанных недостатков нами предлагается в конце месяца сальдо по субсчетам второго уровня счета 16 «Отклонения в стоимости материальных ценностей» списывать на субсчет 16.04, который закрывать на счет финансовых результатов 99 «Прибыли и убытки». Сформированные при этом суммы и проводки будут отражать отклонения по каждому виду (количественные, стоимостные, качественные) и корректировать плановую величину финансового результата. При подобном подходе все проводки для списания отклонений будут дополнительными (без сторнировочных записей).

Заключение

Постоянное изменение условий ведения экономической деятельности порождает необходимость поиска новых и совершенствования традиционных методов и инструментов экономического анализа в соответствии с развитием базовых предпосылок формирования этого процесса менеджмента. Особый статус приобретают учетно-аналитические процедуры, которые предшествуют любой аналитической работе. Именно результаты учетной деятельности являются

основой для формирования информации и ее дальнейшей трансформации для целей выработки и принятия управленческих решений. Разработанный информационно-коммуникационный инструментарий на основе системы «Standard-cost» обладает известной точностью и надежностью, низкой трудоёмкостью, логично вписывается в учетно-аналитическую систему организации и позволяет своевременно выявлять проблемные области в экономической деятельности с целью их последующего устранения.

Литература

- 1 Blanda C., Legros S.S. Business intelligence: a managerial perspective on analytics. 2014.
- 2 Manyeva V.A., Piskunov V.A., Fomin V.P. Strategic management accounting of company costs // *International Review of Management and Marketing*. 2016. V. 6. № 5. P. 255–264.
- 3 Хот Ф.Т. Система «стандарт-кост» через призму бухгалтерского (финансового) учета // *Экономический анализ: теория и практика*. 2008. № 1 (106). С. 35–39.
- 4 Волотовская О.С. Нормативный учет и стандарт-кост как перспективные инструменты информационного обеспечения управления себестоимостью продукции (работ, услуг) // *Аудит и финансовый анализ*. 2017. № 2. С. 42–47.
- 5 Альтудов Ю.К., Гедгаfoва И.Ю., Эфендиева Г.А., Казиева Б.В. Информационный аспект системы "стандарт-кост" и особенности ее применения на предприятиях, осуществляющих инновационно-инвестиционную деятельность // *European Social Science Journal*. 2017. № 11. С. 128–138.
- 6 Кувшинов М.С., Киреева Н.В. Анализ соответствия методов управления затратами актуальным задачам управления // *Экономический анализ: теория и практика*. 2014. № 17 (369). С. 37–46.
- 7 Карагодин Д.А., Коршикова С.Н., Страхова Е.С. Система учета «стандарт-кост» как инструмент управления и контроля затрат на производство продукции молочного скотоводства // *Управленческий учет*. 2016. № 6. С. 24–32.
- 8 Olszak C.M. Toward better understanding and use of Business Intelligence in organizations // *Information Systems Management*. 2016. V. 33. № 2. P. 105–123.
- 9 Kubina M., Koman G., Kubinova I. Possibility of improving efficiency within business intelligence systems in companies // *Procedia Economics and Finance*. 2015. V. 26. P. 300–305.
- 10 Кармокова К.И. Анализ методов учета затрат и калькулирования себестоимости на предприятии // *Экономика и предпринимательство*. 2016. № 11–3 (76). С. 1008–1011.
- 11 Плахин А.Е., Коковихин А.Ю., Огородникова Е.С., Суслов С.А. Оценка влияния инфраструктурных проектов на развитие территории // *Вестник НГИЭИ*. 2017. № 11 (78). С. 139–147.
- 12 Newcomer K. E., Hatry H. P., Wholey J. S. Cost-effectiveness and cost-benefit analysis. Handbook of practical program evaluation. 2015. 636 p.

References

- 1 Blanda C., Legros S.S. Business intelligence: a managerial perspective on analytics. 2014.
- 2 Manyeva V.A., Piskunov V.A., Fomin V.P. Strategic management accounting of company costs. *International Review of Management and Marketing*. 2016. vol. 6. no. 5. pp. 255-264.
- 3 Hot F.T. The system "standard-cost" through the prism of accounting (financial) accounting. *Economic analysis: theory and practice*. 2008. no.1 (106). pp. 35–39. (in Russian).
- 4 Volotovskaya O.S. Regulatory accounting and standard cost as promising tools for information support of the cost control of products (works, services). *Audit and financial analysis*. 2017. no. 2. pp. 42–47. (in Russian).
- 5 Altudov Yu.K., Gedgafova I.Yu., Efendieva G.A., Kazieva B.V. The information aspect of the standard-cost system and the features of its application in enterprises engaged in innovative and investment activities. *European Social Science Journal*. 2017. no. 11. pp. 128–138. (in Russian).
- 6 Kuvshinov M.S., Kireeva N.V. Analysis of the correspondence of cost management methods to actual management tasks. *Economic analysis: theory and practice*. 2014. no. 17 (369). pp. 37–46. (in Russian).
- 7 Karagodin D.A., Korshikova S.N., Strakhova E.S. Standard-cost accounting system as an instrument of management and cost control for the production of dairy cattle breeding. *Management Accounting*. 2016. no. 6. pp. 24-32. (in Russian).
- 8 Olszak C. M. Toward better understanding and use of Business Intelligence in organizations. *Information Systems Management*. 2016. vol. 33. no. 2. pp. 105–123.
- 9 Kubina M., Koman G., Kubinova I. Possibility of improving efficiency within business intelligence systems in companies. *Procedia Economics and Finance*. 2015. vol. 26. pp. 300–305.
- 10 Karmokova K.I. Analysis of methods of cost accounting and costing at the enterprise. *Economics and entrepreneurship*. 2016. no. 11–3 (76). pp. 1008-1011. (in Russian).
- 11 Plakhin A.E., Kokovikhin A.Yu., Ogorodnikova E.S., Suslov S.A. Evaluation of the impact of infrastructure projects on the development of the territory. *Bulletin NGIEI*. 2017. no. 11 (78). pp. 139–147. (in Russian).
- 12 Newcomer K.E., Hatry H.P., Wholey J.S. Cost-effectiveness and cost-benefit analysis. Handbook of practical program evaluation. 2015. 636 p.

Сведения об авторах

Галина В. Беляева д.э.н., профессор, кафедра теории экономики и учетной политики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kafbuhuchet@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4427-9587>

Роман В. Нуждин к.э.н., доцент, кафедра теории экономики и учетной политики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, rv.voronezh@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-1494-5588>

Наталия И. Пономарева к.э.н., доцент, кафедра теории экономики и учетной политики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ponomareva220387@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2638-3244>

Екатерина А. Саввина к.т.н., доцент, кафедра теории экономики и учетной политики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, katenok2207@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4610-103x>

Татьяна Д. Артёменко магистрант, должность, кафедра Экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, t.310397@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4718-739x>

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Galina V. Belyeva Dr. Sci. (Econ.), professor, theory of Economics and accounting policy department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kafbuhuchet@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4427-9587>

Roman V. Nuzhdin Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economics and accounting policy department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, rv.voronezh@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-1494-5588>

Nataliya I. Ponomareva Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economics and accounting policy department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ponomareva220387@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2638-3244>

Ekaterina A. Savvina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, economics and accounting policy department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, katenok2207@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4610-103x>

Tatiana D. Artemenko master student, department of Economic security and financial monitoring, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, t.310397@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4718-739x>

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 20/07/2019	После редакции 31/07/2019	Принята в печать 12/08/2019
Received 07/04/2019	Accepted in revised 04/06/2019	Accepted 12/08/2019

Поляризация и полярность основных показателей в Республике Башкортостан

Салима Ш. Аслаева¹ Salima2006A@mail.ru  0000-0001-6958-5391

¹ Институт социально-экономических исследований Уфимского НЦ РАН, проспект Октября, 71, Уфа, 450054

Аннотация. В настоящее время вопросы исследования полярности и поляризации экономического пространства являются актуальными, так как происходит увеличение межтерриториальных диспропорций развития субъектов территориальных образований. Цель – исследовать полярность и нивелирование поляризации по основным показателям: валовой продукции на душу населения и производству промышленной продукции на душу населения в муниципальных образованиях (МО) и городских округах (ГО) Республики Башкортостан (РБ). Объектом исследования выступает экономическое пространство РБ. Предметом исследования выступает сущность полярности, поляризации и нивелирования поляризации территориальных образований. Методологический инструментарий базируется на диалектическом методе познания. В экономическом анализе использовались статистические методы. Описана методика расчёта полярности и поляризации, найдены показатели полярности, поляризации и нивелирования поляризации по основным показателям деятельности республики: валовой продукции на душу населения и производство промышленной продукции на душу населения, построены картографические профили РБ поляризации по этим показателям, сопоставлены группы МО и ГО по полярности и по поляризации по этим же показателям. Полярность показывает направление экономических отношений, определяется в статике, поляризация характеризует процесс экономических отношений. Состав групп МО и ГО РБ по полярности по валовой продукции на душу населения и промышленной продукции на душу населения идентичен, что является подтверждением того, что производство промышленной продукции вносит большой вклад в валовой продукт республики. Наибольшую полярность демонстрирует показатель «производство продукции промышленности на душу населения». Состав МО и ГО в группах поляризации по валовой продукции на душу населения и промышленности на душу населения разный, развитие происходит с разной скоростью. Нивелирование поляризации происходит в производстве промышленной продукции на одного занятого в отрасли и в производстве инновационных товаров.

Ключевые слова: полярность, поляризация, нивелирование, промышленность, карта

Polarization and polarity of the main indicators in the Republic of Bashkortostan

Salima Sh. Aslaeva¹ Salima2006A@mail.ru  0000-0001-6958-5391

¹ Institute of Social and Economic Researches of Ufa Scientific Centre of Russian Academy of Sciences, ave Ocityabre, 71, Ufa 450054, Russia

Abstract. Currently, the issues of studying the polarity and polarization of the economic space are relevant, as there is an increase in inter-territorial imbalances in the development of territorial entities. The goal is to study the polarity and leveling of polarization according to the main indicators: gross output per capita and industrial production per capita in municipalities (MO) and urban districts (GO) of the Republic of Bashkortostan (RB). The object of research is the economic space of Belarus. The subject of research is the essence of polarity, polarization and leveling of polarization of territorial entities. Methodological tools are based on the dialectical method of cognition. Economic analysis used statistical methods. The methodology for calculating the polarity and polarization is described, the indicators of polarity, polarization and leveling of polarization are found by the main indicators of the republic: gross output per capita and industrial production per capita, cartographic profiles of the polarization of the Republic of Belarus are constructed by these indicators, the groups of MO and GO by polarity are compared and polarization for the same indicators. Polarity shows the direction of economic relations, is determined in statics, polarization characterizes the process of economic relations. The composition of the groups of municipalities and municipalities of the Republic of Belarus in terms of polarity in terms of gross output per capita and industrial products per capita is identical, which is evidence that industrial production makes a great contribution to the gross product of the republic. The highest polarity is demonstrated by the indicator "industrial production per capita." The composition of MO and GO in polarization groups by gross output per capita and industry per capita is different, development occurs at different rates. Polarization leveling occurs in industrial production per worker employed in the industry and in the production of innovative goods.

Keywords: polarity, polarization, leveling, industry, chart

Введение

Исследование поляризации экономического пространства актуально из-за сложившихся диспропорций в РФ [1]. РФ присуща большая неравномерность и асимметрия в развитии регионов и, как следствие, высокая полярность в социально-экономическом развитии регионов. Тенденцией развития территориальных образований является увеличение межтерриториальных диспропорций развития ее субъектов, что ведет к увеличению полярности развития. Эта проблема

касается многих стран мира – происходит поляризационное развитие [2–4]. Полярность экономического пространства – это дефрагментированное социально-экономическое развитие субъектов, которое выражается в разных уровнях экономического развития территориальных образований, сложившихся вследствие распределения, перераспределения ресурсов, доходов и расходов [5]. Исследуем полярность и поляризацию экономического пространства на примере Республики Башкортостан (РБ). Республика является

Для цитирования

Аслаева С.Ш. Поляризация и полярность основных показателей в Республике Башкортостан // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 306–312. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-306-312

For citation

Aslaeva S.Sh. Polarization and polarity of the main indicators in the Republic of Bashkortostan. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 306–312. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-306-312

одной из развитых социально-экономических территорий, обладает большим промышленным потенциалом, наделена природным богатством, сырьевыми ресурсами.

Методы

Полярность показывает направление экономических отношений, определяется в статике как отношение максимального к минимальному значению. Поляризация характеризует процесс экономических отношений [6]. Поэтому показатель поляризации рассчитываем в динамике через среднегодовые темпы роста. Если коэффициент поляризации меньше 1, то происходит процесс нивелирования. За основу возьмем производство валовой продукции на душу населения, данный экономический показатель характеризует состояние экономики локальных территорий относительно ее граждан. Анализ валовой продукции на душу населения дает представление о доходе любого государства, об эффективности хозяйственной деятельности, с помощью него происходит сопоставление стран по уровню развития [7, 8].

Построим картографический профиль поляризации РБ по темпам роста валовой продукции на душу населения, используя принципы поляризации и нивелирования. Для этого проведем группировку муниципальных образований (МО) и городских округов (ГО). Разделим МО и ГО РБ медианным значением. Деление производим медианой, так как при делении средним значением в верхней группе будет находиться менее 10% МО и ГО. При делении медианой разбиваем все районы и города республики на группы лучших и худших по выбранному показателю. Далее каждую из полученных групп делим средними значениями. В результате получаем группы:

- 1-я группа с высоким уровнем поляризации,
- 2-я группа со средним уровнем поляризации,
- 3-я группа с умеренным уровнем поляризации,
- 4-я группа с низким уровнем поляризации.

Аналогичным образом исследуем полярность и поляризацию ведущей отрасли республики — промышленности — по основным показателям, характеризующим ее: производство отрасли на одного занятого в данной отрасли в РБ, производство продукции на душу населения, стоимость основных фондов на одного занятого, инвестиции в основной капитал на душу населения, удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных.

Результаты и обсуждение

Полярность по объему производства валовой продукции на душу населения в базовом периоде — в 2013 г. составила 91,16. Такой высокий показатель полярности получился из-за большого объема отгруженных товаров

собственного производства, выполненных работ и услуг на одного человека в г. Салават (1388 тыс. р.). Следующим в ранжированном ряду выступает г. Уфа — столица республики, где данный показатель составил 680 тыс. р., затем идет Благовещенский район с показателем 409 тыс. р., в состав которого входят не только сельские поселения, но и г. Благовещенск. Резкий разрыв между лидирующими городами республики связан с тем, что, несмотря на то что производство валовой продукции в г. Уфе превышало в 3,4 раза производство валовой продукции в г. Салават, численность населения в г. Уфе превышала численность населения в г. Салават в 6,99 раз, при этом удельный вес занятого населения в экономике в общей численности населения в обоих городах составляет 30%.

В 40 муниципальных образованиях республики и в г. Агидель произведено валовой продукции меньше ста тысяч на человека, наименьший объем составил в Бурзянском районе 15,22 тыс. р. В Архангельском (15,31 тыс. р.) и Бижбулякском районах (15,31 тыс. р.) производство ВП на душу населения отличается незначительно.

Полярность производства валовой продукции на душу населения в отчетном периоде в 2017 г. составила 156,94. Позиции лидирующих ГО и МО по производству валовой продукции в республике сохранились. На первой строчке находится г. Салават с подросшим значением показателя до 1485,78 тыс. р. Но позиции отстающих изменились, только Бурзянский район так и остался худшим по экономическим показателям с уменьшением производства валовой продукции на душу населения до 9,47 тыс. р. Пятерку худших районов покинул Архангельский и Бижбулякский районы. Мишкинский район с «середины списка» спустился на предпоследнее место в регионе по производству валовой продукции на душу населения, более чем в 5 раз снизился показатель.

Поляризацию рассчитываем как отношение полярности текущего периода к базисному. Коэффициент поляризации по производству валовой продукции на душу населения в 2013–2017 гг. в РБ составил 1,72. Происходит рост поляризации в экономическом развитии. Возрастает дифференциация между муниципальными образованиями и городскими округами, находящимися в разных природных и экономических условиях.

На основе описанной выше группировки построим картографический профиль республики (рисунок 1). Несмотря на высокий уровень развития в республике, ГО не вошли в группу с высоким уровнем поляризации, так как рост валового продукта происходит быстрее в 9 муниципальных образованиях с сельским поселением.

Самый низкий уровень производства на протяжении последних 5 лет наблюдался в Бурзянском районе, но по уровню поляризации, расчет которого основан на темпе роста, этот район находится в 3-й группе с умеренным ростом поляризации. Исследуем поляризацию ведущей отрасли РБ – промышленности. Производство промышленной продукции является ведущей отраслью не только в РФ, но и в мире [9]. В Приволжском федеральном округе (ПФО) Республика Башкортостан по производству промышленной продукции занимает второе место после Республики Татарстан. Из года в год увеличивается производство промышленной продукции в РБ, наибольшее увеличение произошло в 2010–2012 гг., темп роста составил 137%. Больше 50% в структуре промышленного производства занимают производство нефтепродуктов,

добыча нефти и газа, химическое производство. В 2016 г. темп роста промышленного производства в РБ составил 102,9%, в то время как в ПФО составил 101%. РБ занимает 15-е место среди регионов по добыче полезных ископаемых, 8-е место по объему отгруженных товаров в обрабатывающем производстве. Ведущие предприятия РФ, которые располагаются на территории РБ, ОАО «АНК Башнефть», ОАО «Салаватнефтеоргсинтез». Добыча полезных ископаемых представлена предприятиями ОАО «Учалинский ГОК», ООО «Башкирская медь», производство химической промышленности ОАО «Сода», ОАО «Уфаоргсинтез», ОАО «Каустик». УГМК-Холдинг (уральская горно-металлургическая компания). Это довольно крупные предприятия на уровне РФ.

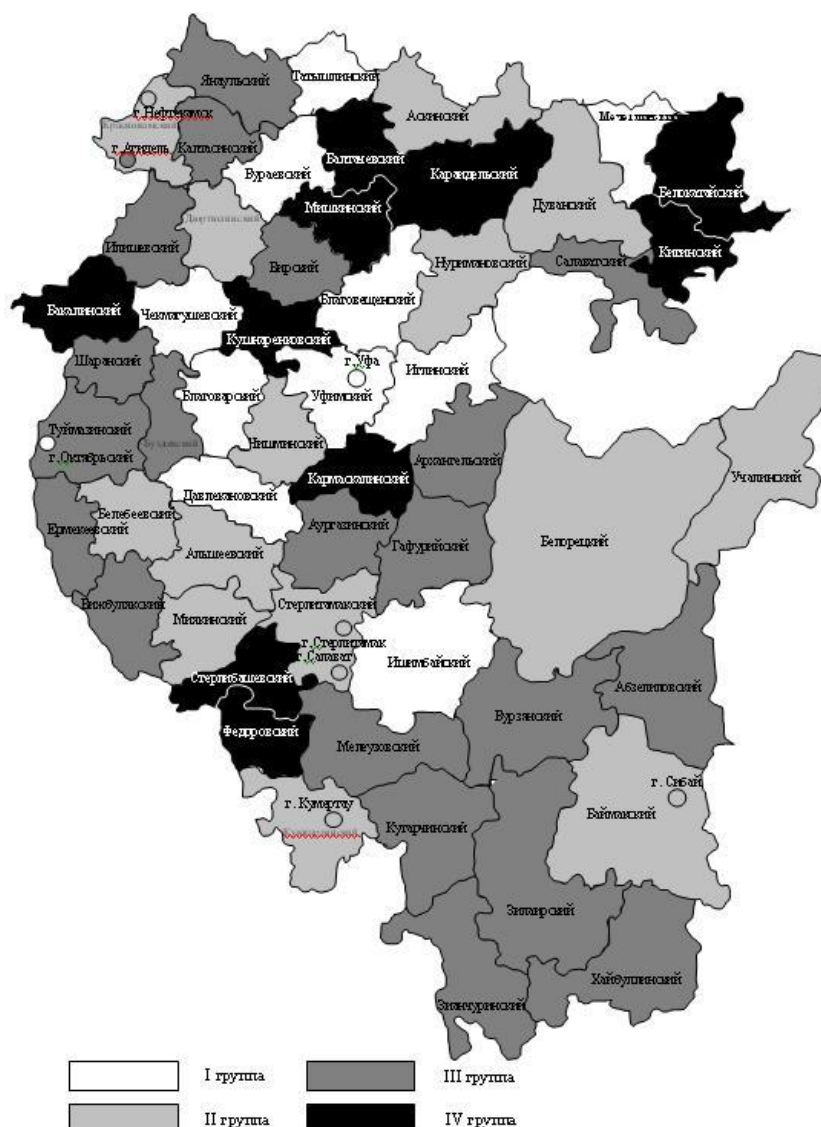


Рисунок 1. Картографический профиль поляризации Республики Башкортостан по темпам роста валовой продукции на душу населения в 2013–2017 гг.

Figure 1. Cartographic profile of the polarization of the Republic of Bashkortostan by the growth rate of gross output per capita in 2013–2017

Оценим полярность и поляризацию промышленной отрасли РБ. Полярность показывает направление экономических отношений, определяется в статике как отношение максимального к минимальному значению [10]. Поляризация же характеризует процесс экономических отношений. Для характеристики полярности и поляризации промышленной отрасли рассмотрим 5 основных показателей (таблица 1). Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных был включен в систему

оценки промышленной отрасли несмотря на то, что развитие инновационной деятельности в России в целом не отвечает ожиданиям, связанных с формированием экономики инновационного типа, не заметна восприимчивость бизнеса к данному процессу. Но в последнее время реализуется комплекс мер по развитию инновации и показатель, оценивающий объем инноваций, является необходимым для анализа развития промышленной отрасли [11, 12].

Таблица 1.
Показатели полярности и нивелирования в промышленности в РБ в 2013–2017 гг.

Table 1.

Indicators of polarity and leveling in industry in the Republic of Belarus in 2013–2017

Показатели Indicators	Продукция промышленности на душу населения Industrial output per capita	Продукция промышленности на одного занятого в отрасли Industrial output per person employed in the industry	Стоимость основных фондов на одного занятого The value of fixed fund per person employed	Инвестиции в основной капитал на душу населения Fixed capital investment per capita	Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг организаций промышленного производства The share of innovative goods, works, services in the total volume of goods shipped, works performed, services of industrial production organizations
Полярность базового периода Base period polarity factor	1669	1010	8,22	15,71	308,83
Полярность текущего периода Current period polarity factor	1911	720	11,17	134,21	104,20
Поляризация Current period polarity factor	1,01	0,71	1,23	2,04	0,25
Нивелирование Leveling coefficient	-	1,40	-	-	4,02

Поляризация рассчитана как отношение полярности отчетного периода к базисному. Если коэффициент поляризации меньше 1, то происходит процесс нивелирования, и коэффициент нивелирования рассчитывается как обратная величина к поляризации.

Показатели производства промышленной продукции на душу населения демонстрируют наибольшую полярность, так как многие МО республики специализируются на сельскохозяйственном производстве. Наибольшая полярность у основных показателей (производство продукции промышленности на одного занятого в отрасли и на душу населения) наблюдается именно в группе ниже медианного уровня, так как в ней находятся МО с сельским поселением. Наименьшая полярность наблюдается у показателя, характеризующего стоимость основных фондов. Высокая поляризация наблюдается по инвестициям на душу населения, что связано с сокращением инвестиции в МО РБ и г. Агидель. Нивелирование происходит при производстве продукции промышленности на одного занятого

в отрасли и в производстве инновационных товаров, несмотря на высокую полярность, связанную с недоступностью инноваций в МО, особенно с населением, проживающим в сельских поселениях, однако с 2013 г. происходит одинаковый прирост производства инновационных товаров во многих МО РБ.

Картографический профиль РБ представлен на рисунке 2 (группы выделены в той же последовательности, что и на рисунке 1).

Обсуждение

В группе с наибольшей динамикой роста производительности находятся сельские районы, доля каждого из которых в промышленном производстве республики не превышает и 1%. Крупнейшие промышленные центры по динамичности роста промышленности занимают достаточно скромные места – Уфа (3 гр.), Салават (3 гр.), Нефтекамск (3 гр.), Стерлитамак (3 гр.), Октябрьский (2 гр.), несмотря на то что в г. Уфе производится не менее 50% промышленной продукции республики. Это говорит о том,

что все города республики за исключением Ишимбая, Стерлитамака и Октябрьского не могут быть охарактеризованы как территориальные точки роста, места концентрации роста промышленного производства. Указанные города по величине относятся к средним. Обеспечение устойчивости развития за счет промышленного производства, на наш взгляд, именно в них имеет наибольшую перспективу.

При сравнении групп по полярности по валовой продукции на душу населения и промышленной продукции на душу населения видим, что состав МО и ГО в группах идентичен, что является подтверждением того, что производство промышленной продукции вносит большой вклад в валовый продукт. Наибольшую полярность демонстрирует показатель «производство продукции промышленности на душу населения», так как многие МО РБ специализируются на других отраслях экономики. Одной из ведущих отраслей крупных городских поселений республики является производство

промышленной продукции, в то время как многие МО с сельским поселением практически не занимаются производством промышленной продукции. При сравнении картографического профиля республики по поляризации валовой продукции на душу населения и промышленной продукции на душу населения видим, что состав МО и ГО в группах поляризации по валовой продукции на душу населения и промышленности на душу населения разный. Развитие происходит с разной скоростью. В группах с умеренным и низким уровнем поляризации происходит уменьшение объема производства валовой продукции на душу населения, тогда как в группе с умеренным уровнем поляризации промышленной продукции на душу населения происходит рост. При исследовании полярности промышленной отрасли региона выявлено, что показатели полярности увеличиваются из года в год и больше всего в 3-й и 4-й группе, в которых значения среднегодовых темпов роста ниже медианного уровня.

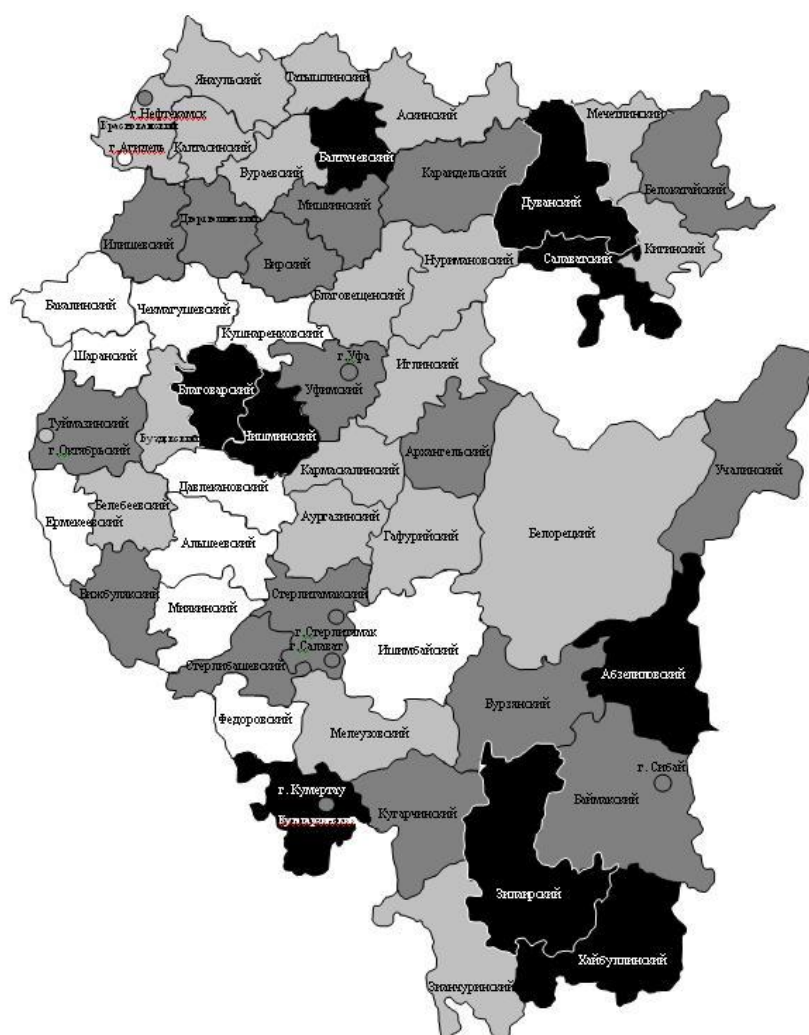


Рисунок 2. Картографический профиль Республики Башкортостан по поляризации промышленной продукции на душу населения в 2013–2017 гг.

Figure 2. Cartographic profile of the Republic of Bashkortostan on polarization of industrial products per capita in 2013–2017

Заключение

Определение полярности обосновывает механизм закономерности территориальной концентрации населения и предприятий в точках роста территории, способных воздействовать на окружающие МО и стимулировать их развитие. Принцип полярности предполагает уравновешенный и управляемый процесс поляризации социально-экономического развития. Основная часть промышленности расположена вдоль оси развития экономического пространства РБ – это г. Уфа, г. Салават, г. Стерлитамак, г. Ишимбай, г. Кумертау. В столице республики производится 55% промышленной продукции. Предполагаем, что для эффективного управления необходимо разработать научный подход, совмещающий территории с высокой полярностью промышленного производства и высокой поляризацией для эффективной работы «точек роста». Проблема развития промышленности должна

быть решена на федеральном уровне, так как многие крупные промышленные предприятия республики федерального значения. На республиканском уровне проблема развития промышленности может быть решена в рамках обобщающего подхода. Тренд государственного регулирования должен быть ориентирован на стимулирование «точек роста», которые создадут условия для роста отстающих территорий. Поляризация является реальностью современного российского развития, что делает необходимым изучение её теоретического базиса и пространственного проявления.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках госзадания ИСЭИ УНЦ РАН по теме «Нивелирование пространственной поляризации разноразмерных территориальных систем в условиях формирования технологического прорыва» (№ госрегистрации АААА-А17-117021310209-5).

Литература

- 1 Аслаева С.Ш., Нусратуллин В.К. Система поддержки принятия решений на основе неравновесного анализа. Уфа, 2006. 167 с.
- 2 Pulselli F.M., Coscieme L., Neri L., Regoli A. et al. The world economy in a cube: A more rational structural representation of sustainability // Global environmental Change-human and policy dimensions. 2015. V. 35. P. 41–51. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2015.08.002
- 3 Hu L.M., Mia C.H., Qiao J.J. A study on the divergence and temporal-spatial structure of regional economic development in Henan Province // Progress in Geography. 2002. V. 3. P. 268–274.
- 4 Zhang K.G., Ba M.T., Sun Y.M., Meng H.L. Study on Spatial Distribution Characteristics of Intra-city Economic Sector Value-added Growth Rates in Henan // International Conference on Advances in Energy, Environment and Chemical Engineering (AEECE). Book Series: AER-Advances in Engineering Research. 2015. V. 23. P. 578–583.
- 5 Гатауллин Р.Ф., Каримов А.Г., Аслаева С.Ш. Сущность, специфика и основные факторы поляризации территориальных систем // Фундаментальные исследования. 2017. № 4. С. 339–343.
- 6 Кузин В.Ю. Экономическая и социальная поляризация регионов России: некоторые тренды // Социально-экономическая география. Вестник Ассоциации российских географов-обществоведов. 2018. № 7. С. 263–270.
- 7 Роль ВВП и ВВП на душу населения России в оценке состояния национальной экономики в макроэкономике // Инновационная экономика. 2019. № 2 (19). С. 28–34.
- 8 Neri L., D'Agostino A., Regoli A.P., Federico M. et al. Evaluating dynamics of national economies through cluster analysis within the input-state-output sustainability framework // Ecological indicators. 2017. V. 72. P. 77–90. doi: 10.1016/j.ecolind.2016.08.016
- 9 Postolaty V.M. New Approaches to Macroeconomic Stability // Problemele energeticii regionale. 2019. V. 1 P. 128–143. doi: 10.5281/zenodo.2650960
- 10 Чернова Т.В. Статистические характеристики дифференциации экономического развития муниципальных образований // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). 2015. № 1. С. 138–143.
- 11 Huang Y.-Y., Huang D.-Sh. Technology Advantage and Home-market Effect: An Empirical Investigation // Journal of Economic Integration. 2011. V. 26. № 1. P. 81–109. doi: 10.11130/jei.2011.26.1.81
- 12 Вишневская Н.Г., Алешкина О.В., Галикеев Р.Н. Инновации и управление в социальной сфере. Уфа, 2017. 218 с.

References

- 1 Aslaeva S.Sh., Nusratullin V.K. Decision support system based on nonequilibrium analysis Ufa, 2006. 16 p. (in Russian).
- 2 Pulselli F.M., Coscieme L., Neri L., Regoli A. et al. The world economy in a cube: A more rational structural representation of sustainability. Global environmental Change-human and policy dimensions. 2015. vol. 35. pp. 41–51. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2015.08.002
- 3 Hu L.M., Mia C.H., Qiao J.J. A study on the divergence and temporal-spatial structure of regional economic development in Henan Province. Progress in Geography. 2002. vol. 3. pp. 268–274.
- 4 Zhang K.G., Ba M.T., Sun Y.M., Meng H.L. Study on Spatial Distribution Characteristics of Intra-city Economic Sector Value-added Growth Rates in Henan. International Conference on Advances in Energy, Environment and Chemical Engineering (AEECE). Book Series: AER-Advances in Engineering Research. 2015. vol. 23. pp. 578–583.
- 5 Gataullin R.F., Karimov A.G., Aslaeva S.Sh. Essence, specificity and main factors of polarization of territorial systems. Fundamental Research. 2017. no. 4. pp. 339–343. (in Russian).

- 6 Kuzin V.Yu. Economic and social polarization of Russian regions: some trends. Socio-economic geography. Bulletin of the Association of Russian geographers-social scientists. 2018. no. 7. pp. 263–270. (in Russian).
- 7 The role of GDP and GDP per capita in assessing the state of the national economy in macroeconomics. Innovative Economy. 2019. no. 2 (19). pp. 28–34. (in Russian).
- 8 Neri L., D'Agostino A., Regoli A.P., Federico M. et al. Evaluating dynamics of national economies through cluster analysis within the input-state-output sustainability framework. Ecological indicators. 2017. vol. 72. pp. 77–90. doi: 10.1016/j.ecolind.2016.08.016
- 9 Postolaty V.M. New Approaches to Macroeconomic Stability. Problemele energeticii regionale. 2019. vol. 1 pp. 128–143. doi: 10.5281/zenodo.2650960
- 10 Chernova T.V. Statistical characteristics of differentiation of the economic development of municipalities. Bulletin of the Rostov State Economic University (RINH). 2015. no. 1. pp. 138–143. (in Russian).
- 11 Huang Y.-Y., Huang D.-Sh. Technology Advantage and Home-market Effect: An Empirical Investigation. Journal of Economic Integration. 2011. vol. 26. no. 1. pp. 81–109. doi: 10.11130/jei.2011.26.1.81
- 12 Vishnevskaya N.G., Aleshkina O.V., Galikeev R.N. Innovation and social management. Ufa, 2017. 218 p. (in Russian).

Сведения об авторах

Салима Ш. Аслаева к.э.н., ст. науч. сотрудник, сектор Экономики и Управление развитием территорий, Институт социально-экономических исследований Уфимского НЦ РАН, пр-т Октября, 71, Уфа, 450054, Россия, Salima2006A@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-6958-5391>

Вклад авторов

Салима Ш. Аслаева написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Salima Sh. Aslaeva Cand. Sci. (Econ.) senior researcher, economic sector and territory development management, Institute of Social and Economic Researches of Ufa, ave Octyabre, 71, Ufa 450054, Russia, Salima2006A@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-6958-5391>

Contribution

Salima Sh. Aslaeva wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Поступила 22/07/2019	После редакции 05/08/2019	Принята в печать 23/08/2019
Received 22/07/2019	Accepted in revised 05/08/2019	Accepted 23/08/2019

Использование процессного подхода для повышения эффективности системы управления качеством в машиностроительной компании ПАО «Кузнецов»

Яна В. Денисова

¹yana-denisova@inbox.ru

0000-0003-1242-6909

Вероника С. Александрова

¹nikas04.97@mail.ru

0000-0002-0518-182X

¹ Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. Карла Маркса, 68, Казань, 420015, Республика Татарстан, Российская Федерация

Аннотация. Рассматриваются аспекты и особенности процессного подхода, направленного на взаимодействие подразделений и должностных лиц, стирание барьеров между ними и объединение усилий всех структур предприятия для достижения стратегических целей. Процессный подход считается одним из самых действенных инструментов повышения эффективности бизнеса. Суть данного подхода заключается в том, что вся деятельность предприятия рассматривается в виде набора процессов, которые представляют собой совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности. Каждый процесс, в свою очередь, имеет входы, которые преобразуются в выходы, ресурсы, внутренних и внешних заказчиков, поставщиков и другие заинтересованные стороны. На основе проведенного исследования обоснована актуальность и значимость применения процессного подхода на одном из крупнейших предприятий по производству двигателей для авиации, газоперекачивающих станций, энергоустановок, для ракетно-космической отрасли и подвесных лодочных моторов для маломерных судов. По отраслевой принадлежности оно относится к машиностроительным предприятиям. На данном предприятии отмечены значительные достижения в области качества, полученные за счет внедрения процессного подхода, рекомендована к использованию методология управления процессами, которая подходит для предприятий различных сфер деятельности. Данный метод необходим для тактичного формирования процессного управления. Системное внедрение процессного подхода дает возможность предприятиям увеличить эффективность, улучшить качество выпускаемой продукции и в значительной мере повысить их конкурентоспособность, что особенно важно в условиях интеграции национальной экономики в мировую. Выполнение указанных мероприятий позволит предприятиям достигать своих целей в максимально короткие сроки при минимально возможных затратах.

Ключевые слова: система менеджмента качества, процессный подход, бизнес-процесс, система управления, эффективность

Use of the process approach to improve the efficiency of the quality management system at the machine-building enterprise of Kuznetov PJSC

Yana V. Denisova

¹yana-denisova@inbox.ru

0000-0003-1242-6909

Veronika S. Alexandrova

¹nikas04.97@mail.ru

0000-0002-0518-182X

¹ Kazan National Research Technological University, 68 Karl Marx street, Kazan, 420015, Republic of Tatarstan, Russian Federation

Abstract. Aspects and features of a process approach aimed at the interaction of departments and officials, removing the barriers between them and combining the efforts of all enterprise structures to achieve strategic goals are considered. The process approach is considered one of the most effective tools for increasing business efficiency. The essence of this approach is that all the activities of the enterprise are considered as a set of processes, which are a combination of interrelated and interacting activities. Each process, in turn, has inputs that translate into outputs, resources, internal and external customers, suppliers, and other interested parties. Based on the study, the relevance and importance of applying the process approach at one of the largest enterprises producing engines for aircraft, gas pumping stations, power plants, for the rocket and space industry and outboard motors for small boats is substantiated. By industry affiliation, it belongs to machine-building enterprises. At this enterprise, significant achievements in the field of quality were noted, obtained through the introduction of a process approach, a process management methodology was recommended for use, which is suitable for enterprises in various fields of activity. This method is necessary for the tactful formation of process management. The systematic implementation of the process approach enables enterprises to increase efficiency, improve the quality of products and significantly increase their competitiveness, which is especially important in the context of the integration of the national economy into the world. The implementation of these measures will allow enterprises to achieve their goals as soon as possible at the lowest possible cost.

Keywords: quality management system, process approach, business process, management system, efficiency

Для цитирования

Денисова Я.В., Александрова В.С. Использование процессного подхода для повышения эффективности системы управления качеством в машиностроительной компании ПАО «Кузнецов» // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 313–319. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-313-319

For citation

Denisova Ya.V., Alexandrova V.S. Use of the process approach to improve the efficiency of the quality management system at the machine-building enterprise of Kuznetov PJSC. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 313–319. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-313-319

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

На протяжении истории своего формирования менеджмент ищет ответ на вопрос, какая система управления максимально эффективна для бизнеса. Одной из самых распространенных систем, получивших заслуженное признание в последнее время, считается система менеджмента качества.

Система менеджмента качества (СМК) – это совокупность организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для общего руководства качеством [1]. В более общем виде это система, объединяющая цели и политики компании с процессами компании.

Материалы и методы

В качестве ключевых оснований в пользу эффективности применения СМК можно отметить следующие:

- сокращение затрат на всех стадиях жизненного цикла продукции;
- увеличение доходов;
- улучшение управляемости предприятия за счет повышения обоснованности и своевременности принимаемых решений [2].

Одним из принципов системы менеджмента качества является процессный подход, с помощью которого выделяются процессы, оказывающие большое влияние на результат целей. Процессный подход считается одним из самых действенных инструментов повышения эффективности бизнеса. Суть данного подхода заключается в том, что вся деятельность предприятия рассматривается в виде набора процессов, которые взаимодействуют друг с другом.

Каждый процесс имеет входы, которые преобразуются в выходы, ресурсы, внутренних и внешних заказчиков, поставщиков и другие заинтересованные стороны.

Отсюда следует, что процессы, которые производятся в рамках жизненного цикла продукции, определяют построение организационной структуры предприятия.

Таким образом, современная система менеджмента качества включает в себя взаимосвязанные между собой структуры: организационную, документационную и информативную, и охватывает все процессы, оказывающие большое влияние на качество.

Процессный подход к управлению уже много лет считается фундаментом наиболее популярных систем управления на предприятии. Данный подход имеет сторонников и противников. Последняя редакция стандарта ISO 9001:2015 по-прежнему основывается на процессном подходе к управлению и бизнес-процессах как объектах этого управления.

Каждый из бизнес-процессов находится во взаимосвязи с иными бизнес-процессами предприятия либо внешней средой. Система бизнес-процессов отдельного предприятия представляет собой сеть (рисунок 1), которая включает процессы производственного цикла предприятия, управления и снабжения необходимыми ресурсами [3].

Следовательно, для внедрения системы менеджмента качества на предприятии необходимо рассматривать все обозначенные процессы (рисунок 1).

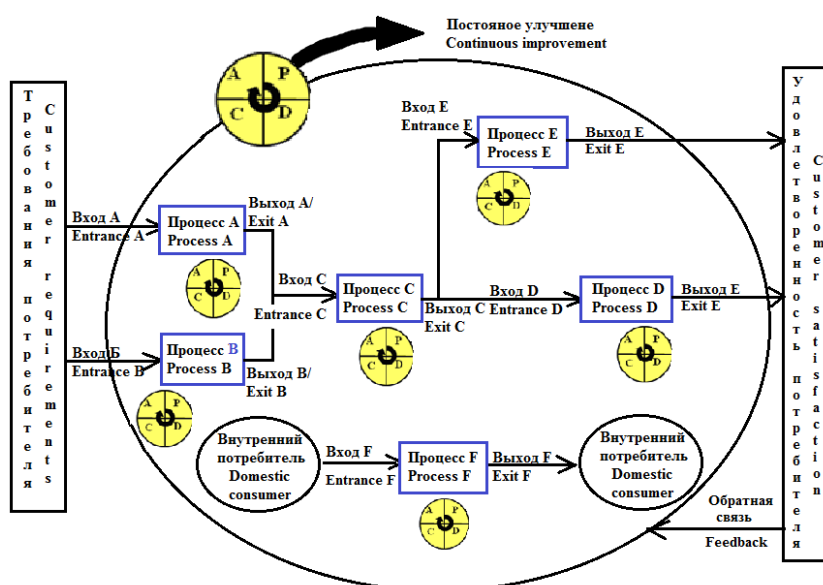


Рисунок 1. Сеть бизнес-процессов [3]

Figure 1. Business process network [3]

Как видим (рисунок 1), содержание первичного элемента системы менеджмента качества составляют потребности и ожидания потребителей создаваемого продукта. В соответствии с этим содержанием на предприятии формируются цели и политика, которые реализуются через взаимосвязанные бизнес-процессы, направленные на достижение удовлетворенности потребителя. Представленная сеть бизнес-процессов является основой реализации процессного управления и достижения целей и реализации долгосрочной политики.

Подтверждением развития управления бизнес-процессами считается то, что реализация процессного подхода – это один из принципов международных стандартов ISO 9001. Данные стандарты являются нормативной моделью ведения бизнеса, выработанные деловым сообществом с учетом мирового опыта.

Описание бизнес-процессов должно осуществляться в зависимости от поставленных задач и уровня важности процесса. Целью описания бизнес-процессов является получение ответов на вопросы: что, кто и каким образом должен реализовывать в рамках деятельности предприятия [4].

Результаты

Одной из главных задач при внедрении СМК является повышение эффективности и результативности производства. Ярким примером служит старейшее предприятие, на котором была внедрена система управления качеством продукции, – ПАО «Кузнецов». Данная компания является одним из крупнейших предприятий по производству двигателей для авиации, газоперекачивающих станций, энергоустановок, для ракетно-космической отрасли и подвесных лодочных моторов для маломерных судов. По отраслевой принадлежности оно относится к машиностроительным предприятиям.

В ПАО «Кузнецов» накоплен многолетний опыт в области управления качеством. С 1978 по 1995 гг. на предприятии действовала комплексная система управления качеством продукции. Эффективность этой системы подтверждена высокой эксплуатационной надежностью и безотказностью выпускаемой предприятием продукции.

В 1996 г. система качества ПАО «Кузнецов» впервые прошла сертификационный аудит с выдачей органом по сертификации ФГУП «НПО Техномаш» сертификата о соответствии требованиям серии международных (МС) ИСО

стандартов 9000 при производстве, обслуживании, ремонте, монтаже жидкостных ракетных двигателей и наземного стартового оборудования. С этого времени функционирование СМК ежегодно проверяется органом по сертификации. Проверки как инспекционные (локально), так и в формате ресертификации (в полном объеме) направлены на подтверждение соответствия СМК требованиям МС ИСО 9000.

После объединения в 2011 г. ОАО «Самарский научно-технический комплекс имени Н.Д. Кузнецова» (СНТК) с ПАО «Кузнецов» возникла необходимость вновь сертифицировать систему с учетом введения проектно-конструкторских работ. Совместными усилиями руководителей и главных специалистов ОП «Управленческий» и основной площадки ПАО «Кузнецов» была осуществлена работа по распространению требований к СМК ПАО «Кузнецов» на производственной площадке ОАО «СНТК им Н.Д. Кузнецова» (ныне ОП «Управленческий»).

Таким образом, по состоянию на сегодняшний день в организации действует сертифицированная СМК в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001–2015 «Система менеджмента качества. Требования» применительно к проектированию, разработке, производству, обслуживанию, ремонту, монтажу жидкостных ракетных двигателей и наземного стартового оборудования, авиационных двигателей, газоперекачивающих агрегатов. Об этом свидетельствуют сертификаты, выданные органами по сертификации:

- ФГУП «НПО "Техномаш" от 10.10.2013 № ФСС КТ 134.03.3.1.000000.20.13;
- ЗАО «Норма» от 07.12.2016 № ВР.04.1.10611–2016;
- ассоциация по сертификации «Русский регистр» от 24.05.2017 № 17.0759.026 [5].

Продукция предприятия неоднократно представлена на международных и российских выставках и конкурсах и признана лауреатами Всероссийского конкурса «100 лучших товаров России» в 2000 г. (двигатель НК-14СТ) и 2001 г. (двигатель НК-36СТ).

Система качества ПАО «Кузнецов» на конкурсе в 2000 г. признана лауреатом в номинации «Эффективная система управления качеством продукции» в рамках программы «100 лучших товаров России».

Правительство высоко оценило деятельность предприятия, наградив в разные периоды его истории тремя высшими орденами страны.

Несмотря на то что в компании накоплен достаточный опыт по использованию системы менеджмента качества, остается ряд проблем, решение которых позволит более эффективно достичь стратегических целей предприятия на основе совершенствования системы управления качеством.

Поскольку ГОСТ Р ИСО 9001–2015 направлен на применение процессного подхода при разработке, внедрении и улучшении результативности системы менеджмента качества, то в основу СМК ПАО «Кузнецов» был положен данный подход. СМК ПАО «Кузнецов» отвечает всем требованиям ГОСТ Р ИСО 9001–2015, ГОСТ РВ 0015–002, ОСТ 134–1028 (рисунок 2).

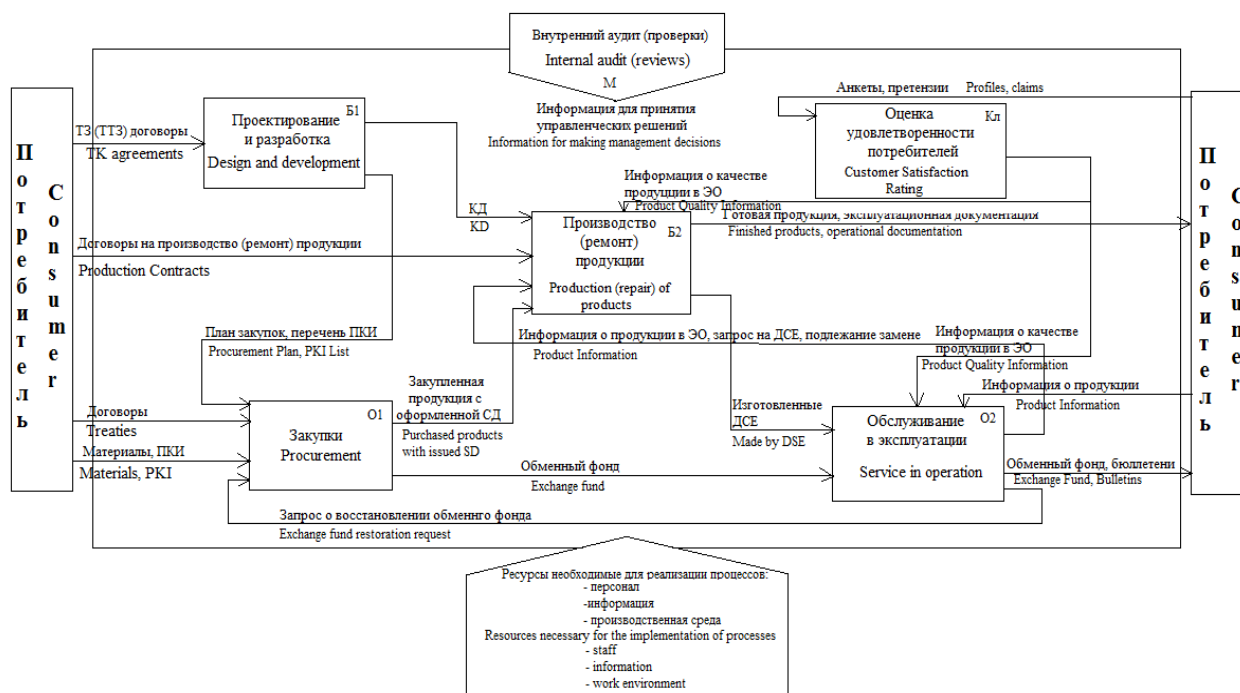


Рисунок 2. Процессная модель СМК ПАО «Кузнецов»

Figure 2. Process model of QMS of JSC "Kuznetsov"

Как видно из рисунка 2, процессный подход на предприятии осуществляется на основе признания высшим руководством и остальным персоналом того, что основные виды деятельности (проектирование и разработка, закупки, производство (ремонт) продукции, обслуживание в эксплуатации, оценка удовлетворенности потребителей, внутренние аудиты) рассматриваются как процессы.

Любой процесс является последовательностью связанных между собой видов деятельности и может состоять из подпроцессов различной степени сложности.

В организации установлено, что процессы классифицируются по степени их влияния на достижение главной цели организации (удовлетворение общественных потребностей и получение прибыли) с присвоением соответствующих буквенных индексов:

- на «Б» – основные (базовые) процессы;
- «О» – обеспечивающие процессы;

«Кл» – ключевые процессы;

«М» – процессы менеджмента.

Основные (базовые) процессы – это процессы, результатом которых являются проектирование, разработка, производство и ремонт продукции.

Обеспечивающие процессы – это процессы, результатом которых является формирование необходимых условий для реализации базовых процессов.

Ключевые процессы – процессы, оказывающие воздействие на достижение основной цели организации – удовлетворение требований потребителей.

Процессы менеджмента – это процессы, результатом которых является повышение результативности базовых, обеспечивающих и ключевых процессов [6].

Для описания бизнес-процессов ПАО «Кузнецов» можно предложить следующие способы (рисунок 3).

Способ описания бизнес-процессов/ Way to describe business processes	Пример/ Example	Достоинства/ Advantages	Недостатки/ Disadvantages
Текстовый/ Text	СТО ПАО «Кузнецов», положения, должностные инструкции и т.п./ STO PJSC "Kuznetsov", regulations, official instructions, etc.	Привычность/ Habit	Взаимосвязи среди бизнес-процессов нелегко проследить. Высока возможность неоднозначного представления. Затрудненное исследование бизнес-процессов из-за излишних маловажных сведений/ Relationships among business processes are not easy to trace. The possibility of ambiguous presentation is high. Difficult study of business processes due to unnecessary unimportant information.
Табличный/ Tabular	Матрица распределения ответственности/ Responsibility Matrix	Привычность, определенность/ Habitability, certainty	Незначительное количество параметров, которые возможно зафиксировать в таблице/ A small number of parameters that can be fixed in the table
Графический/ Graphic	Организационная структура ПАО «Кузнецов», блок-схемы, технологические карты и т.п./ Organizational structure of PJSC "Kuznetsov", flowcharts, flow charts, etc.	Наглядность, определенность, разработаны нотации под решения задач разной степени сложности/ Visibility, certainty, developed notations for solving problems of varying degrees of complexity	Допустимо присутствие условий к квалификации работников предприятия/ The presence of conditions for qualification of employees of the enterprise is acceptable
Графический, с помощью системы бизнес-моделирования/ Graphic using a business modeling system	Сеть бизнес-процессов ПАО «Кузнецов», Информационные модели для решения разных задач и т.д./ Network of business processes of PJSC "Kuznetsov", Information models for solving various problems, etc.	Возможность комбинированного применения всех ранних методов описания бизнес-процессов. Возможности коллективной работы. Поддержка разных нотаций, автоматическая диагностика синтаксиса и др./ Possibility of combined use of all early methods for describing business processes. Opportunities for collective work. Support for different notations, automatic syntax diagnostics, etc.	Приобретение программного продукта. Допустимо присутствие условий к квалификации работников предприятия/ Acquisition of a software product. The presence of conditions for qualification of employees of the enterprise is acceptable

Рисунок 3. Способы описания бизнес-процессов

Figure 3. Ways to describe business processes

При выборе метода описания бизнес-процессов ПАО «Кузнецов» учитываются такие условия:

- задачи, которые предприятие решает, внедряя процессный подход;
- размер и тип работы предприятия;
- многосложность процессов и их взаимодействия, риски;
- квалификация персонала предприятия;
- устоявшаяся практическая деятельность и др.

Процессный подход базируется на цикле PDCA. Эффективное усовершенствование бизнес-процессов ПАО «Кузнецов» с использованием цикла PDCA на стабильной основе допускается при наличии заинтересованности участников процесса в его постоянном улучшении.

Методом для использования возможностей участников как «движущей силы усовершенствования» является учет достижения целей ПАО «Кузнецов».

Цели бизнес-процессов ПАО «Кузнецов» определяются с учетом стратегии предприятия (рисунок 4). Ключевые показатели эффективности KPI, которые показывают степень достижения стратегических целей, используют в качестве показателей результативности и эффективности бизнес-процессов.

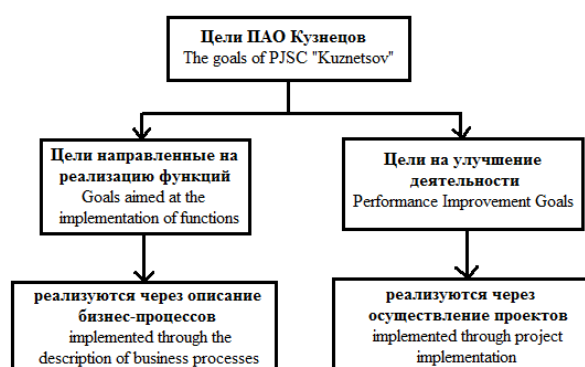


Рисунок 4. Цели ПАО «Кузнецов»

Figure 4. The objectives of JSC "Kuznetsov"

Обсуждение

Данный подход позволяет ПАО «Кузнецов»:

- согласовать стратегии и цели предприятия с деятельностью с помощью бизнес-процессов;
- выработать успешную концепцию мотивации, которая базируется на учете определенного результата [7];
- повысить сбалансированность и согласованность выделенных бизнес-процессов на предприятии в рамках СМК;
- разработать и внедрить систему внутренних отношений «клиент-поставщик»;

— создать благоприятные условия исследования внутренних процессов с точки зрения добавленной ценности.

За последние годы благодаря функционированию СМК в соответствии с МС ИСО серии 9000 и применению процессного подхода предприятие добилось высоких результатов [8].

Таким образом, внедрение процессного подхода к управлению позволило ПАО «Кузнецов» приобрести и использовать следующие конкурентные преимущества:

— оптимизация системы управления, формирование ее прозрачности для руководства и умение гибко реагировать на перемены внешней среды;

— приобретение и применение системы критериев для оценки результативности управления на любой стадии производственной или управленческой цепочки;

— обеспечение уверенности у инвесторов в том, что имеющаяся система управления нацелена на непрерывный рост результативности и максимальный учёт интересов заинтересованных сторон;

— определение порядка и ответственности за разработку, согласование и утверждение документации;

— возможность высшему руководству сконцентрироваться на решении стратегических задач и процессов.

Процессный подход применяется не только на промышленных предприятиях. Он может быть рекомендован для использования на предприятиях и в организациях различных сфер деятельности. Для этого целесообразно использовать методологию управления процессами, способствующую тактичному формированию процессного управления. По данной методологии предприятие должно:

а) определить процессы, которые необходимы для системы менеджмента, и порядок их использования внутри предприятия;

б) определить последовательность данных процессов и их взаимосвязь;

в) установить критерии и способы результативности при осуществлении и управлении данными процессами;

г) обеспечить ресурсами и информацией, которая необходима для поддержки этих процессов и их отслеживания;

д) осуществить мониторинг, измерение и анализ данных процессов;

е) принять меры, необходимые для свершения запланированных результатов и непрерывного улучшения данных процессов [9].

Выполнение указанных мероприятий позволит предприятиям достигать своих целей в максимально короткие сроки при минимально возможных затратах. При этом необходимо учитывать, что данная система будет эффективно работать только в случае правильно расставленных приоритетов деятельности.

Заключение

Процессно-ориентированное управление — это ключ к обеспечению выпуска высококачественной продукции [10]. Производитель должен управлять предприятием как системой взаимосвязанных процессов. Поскольку одним из основных элементов стратегии качества является непрерывное улучшение, то необходимо добиваться постоянного улучшения качества процессов на всех этапах жизненного цикла продукции.

Системное внедрение процессного подхода дает возможность предприятиям увеличить эффективность, улучшить качество выпускаемой продукции и в значительной мере повысить их конкурентоспособность, что особенно важно в условиях интеграции национальной экономики в мировую.

Литература

- 1 ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь Федеральное агентство по техническому регулированию. Москва: Стандартинформ, 2015.
- 2 Друкер П. Задачи менеджмента в XXI веке. М.: Изд. дом «Вильямс», 2003.
- 3 Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее: сборник научных трудов III Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых в четырех томах. Том 2. Томск, 2014.
- 4 Репин В.В., Елиферов В.Г. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов: 7-е изд. М.: РИА «Стандарты и статистика», 2009. 408 с.
- 5 Кузнецов О.ДК. URL: <http://www.kuznetsov-motors.ru/>
- 6 СТО 7512619.01.035-2013. Процессная модель организации.
- 7 Волонтей В. Процессный подход // Правила бизнеса. 2010. URL: <http://www.prabiz.by/articles/303-process.html>
- 8 Капитонов И.А. Трансфер инноваций как драйвер развития международного нефтегазового бизнеса // Вестник НГИЭИ. 2017. № 12 (79). С. 137–152.
- 9 Хаммер М., Чампи Д. Реинжиниринг корпорации: манифест революции в бизнесе. СПб.: Манн, Иванов и Фербер, 2000.
- 10 Grudzień Ł., Hamro A. Information quality in design process documentation of quality management systems // International Journal of Information Management. 2016. V. 36. № 4. P. 599–606.

11 Sanz-Calcedo J.G., González A.G., López O., Salgado D.R. et al. Analysis on Integrated Management of the Quality, Environment and Safety on the Industrial Projects // Procedia Engineering. 2015. V. 132. P. 140–145.

12 Bastas A., Liyanage K. Sustainable supply chain quality management: A systematic review // Journal of Cleaner Production. 2018. V. 181. P. 726–744. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.01.110

13 Gutierrez-Gutierrez L.J., Barrales-Molina V., Kaynak H. The role of human resource-related quality management practices in new product development: A dynamic capability perspective // International Journal of Operations & Production Management. 2018. V. 38. № 1. P. 43–66. doi: 10.1108/IJOPM-07-2016-0387

14 Zhiting S., Yanming S., Jiafu W., Peipei L. Data quality management for service-oriented manufacturing cyber-physical systems // Computers & Electrical Engineering. 2017. V. 64. P. 34–44. doi: 10.1016/j.compeleceng.2016.08.010

References

1 GOST R ISO 9000-2015 Quality Management Systems. Key Points and Dictionary Federal Agency for Technical Regulation. Moscow, Standartinform, 2015. (in Russian).

2 Drucker P. Management Objectives in the 21st Century. Moscow, Publishing. house “Williams”, 2003. (in Russian).

3 Resource-efficient systems in management and control: a look into the future: a collection of scientific papers of the III International Conference of schoolchildren, students, graduate students, young scientists in four volumes. Volume 2. Tomsk, 2014. (in Russian).

4 Repin V.V., Elifirov V.G. The process approach to management. Business Process Modeling: 7th ed. Moscow, RIA «Standarty i statistika», 2009. 408 p. (in Russian).

5 Kuznetsov UEC. Available at: <http://www.kuznetsov-motors.ru/> (in Russian).

6 STO 7512619.01.035-2013. The process model of the organization. (in Russian).

7 Volontey V. Process approach // Business rules. 2010. Available at: <http://www.prabiz.by/articles/303-process.html> (in Russian).

8 Kapitonov I.A. Transfer of innovations as a driver for the development of the international oil and gas business. Bulletin NGIEI. 2017. no. 12 (79). pp. 137–152. (in Russian).

9 Hammer M., Champi D. Corporate Reengineering: A Manifesto of the Business Revolution. St. Petersburg, Mann, Ivanov and Ferber, 2000. (in Russian).

10 Grudzień L., Hamro A. Information quality in design process documentation of quality management systems. International Journal of Information Management. 2016. vol. 36. no. 4. pp. 599–606.

11 Sanz-Calcedo J.G., González A.G., López O., Salgado D.R. et al. Analysis on Integrated Management of the Quality, Environment and Safety on the Industrial Projects. Procedia Engineering. 2015. vol. 132. pp. 140–145.

12 Bastas A., Liyanage K. Sustainable supply chain quality management: A systematic review. Journal of Cleaner Production. 2018. vol. 181. pp. 726–744. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.01.110

13 Gutierrez-Gutierrez L.J., Barrales-Molina V., Kaynak H. The role of human resource-related quality management practices in new product development: A dynamic capability perspective. International Journal of Operations & Production Management. 2018. vol. 38. no. 1. pp. 43–66. doi: 10.1108/IJOPM-07-2016-0387

14 Zhiting S., Yanming S., Jiafu W., Peipei L. Data quality management for service-oriented manufacturing cyber-physical systems. Computers & Electrical Engineering. 2017. vol. 64. pp. 34–44. doi: 10.1016/j.compeleceng.2016.08.010

Сведения об авторах

Яна В. Денисова к.э.н., факультет нефти и нефтехимии, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. Карла Маркса, 68, Казань, 420015, Республика Татарстан, Российская Федерация, yana-denisova@inbox.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1242-6909>

Вероника С. Александрова магистр, факультет нефти и нефтехимии, Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. Карла Маркса, 68, Казань, 420015, Республика Татарстан, Российская Федерация, nikas04.97@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0518-182X>

Information about authors

Yana V. Denisova Cand. Sci. (Econ.), petroleum and petrochemical faculty, Kazan National Research Technological University, 68 Karl Marx street, Kazan, 420015, Republic of Tatarstan, Russian Federation, yana-denisova@inbox.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1242-6909>

Veronika S. Alexandrova master student, petroleum and petrochemical faculty, Kazan National Research Technological University, 68 Karl Marx street, Kazan, 420015, Republic of Tatarstan, Russian Federation, nikas04.97@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0518-182X>

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

Authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 02/08/2019	После редакции 15/08/2019	Принята в печать 31/08/2019
Received 02/08/2019	Accepted in revised 15/08/2019	Accepted 31/08/2019

Механизм поддержки принятия стратегического выбора приоритетов развития предприятия на основании использования методов аналитики многофакторного информационного массива

Софья П. Хрусталева	¹	spkurbatova@mail.ru	 0000-0002-8035-6028
Олеся О. Шендрикова	¹	oli-shendro@yandex.ru	 0000-0001-8975-2660
Кирилл С. Кривякин	¹	89081415866@mail.ru	 0000-0002-8564-8441
Марина С. Луценко	¹	luchiksan@rambler.ru	 0000-0002-2137-164X

¹ Воронежский государственный технический университет, Московский проспект, 14, Воронеж, 394026, Россия

Аннотация. Процесс цифровизации современной экономической системы ужесточает условия функционирования предприятий. Отечественные предприятия работают в условиях жесткого ограничения временных, организационных и финансовых ресурсов. Перед организациями остро стоит необходимость повышения количества возможностей развития основных бизнес-процессов в стратегической перспективе. Нужно разработать инструментарий поддержки принятия стратегического выбора приоритетов развития на основании использования методов аналитики многофакторного информационного массива, направленного на формирование информационного массива данных, обеспечивающего единый вектор стратегического развития предприятия (ПАО «НИИ ПМ»). Итоговый информационный массив определения вектора стратегического развития предприятия первоочередно ориентирован на реализацию стратегии в условиях ресурсных ограничений и в целевых ключевых показателях эффективности. В ходе последовательного выявления и формулирования главных целей через определение целей более низкого порядка создается иерархическая целевая система стратегии развития. Поэтапная цифровизация отечественной экономики формирует тенденцию по наращиванию потребности на товарных рынках в уникальной и технологически сложной продукции, что определяет весомое количество возможных направлений стратегического развития предприятия. Рекомендуемый механизм поддержки принятия стратегического выбора приоритетов развития предприятия содержит ряд мероприятий, направленных на достижение устойчивого развития. Сформированный массив приоритетов позволяет достичь целей формирования оптимальной комплексной стратегии развития предприятия. Реализация направлений развития осуществляется посредством формирования и реализации программы развития, позволяющей оценить требуемые временные интервалы достижения целей стратегического развития, источники финансового и ресурсного обеспечения предприятия.

Ключевые слова: база данных, стратегический выбор, многокритериальная оптимизация, управление предприятием, предприятие

Mechanism of support of acceptance of a strategic choice of priorities of development of the enterprise based on the use of methods of analytics of multifactor information array

Sofya P. Khrustaleva	¹	spkurbatova@mail.ru	 0000-0002-8035-6028
Olesya O. Shendrikova	¹	oli-shendro@yandex.ru	 0000-0001-8975-2660
Kirill S. Krivyakin	¹	89081415866@mail.ru	 0000-0002-8564-8441
Marina S. Lutsenko	¹	luchiksan@rambler.ru	 0000-0002-2137-164X

¹ Voronezh State Technical University, Moskovsky ave, 14, Voronezh, 394026, Russia

Abstract. The digitalization process of the modern economic system tightens the conditions for the functioning of enterprises. Domestic enterprises operate under severe restrictions on time, organizational and financial resources. Organizations are urgently faced with the need to increase the number of opportunities for developing key business processes in a strategic perspective. It is necessary to develop tools to support the adoption of a strategic choice of development priorities based on the use of analytic methods of a multifactorial information array aimed at creating an information data array that provides a single vector of strategic development of an enterprise (PJSC NII PM). The final informational array for determining the strategic development vector of the enterprise is primarily focused on the implementation of the strategy under resource constraints and target key performance indicators. In the course of consistent identification and formulation of the main goals through the definition of goals of a lower order, a hierarchical target system of development strategy is created. The phased digitalization of the domestic economy forms a tendency to increase the demand in the product markets for unique and technologically sophisticated products, which determines a significant number of possible directions for the strategic development of the enterprise. The recommended mechanism for supporting the adoption of a strategic choice of enterprise development priorities contains a number of measures aimed at achieving sustainable development. Formed array of priorities allows you to achieve the goals of forming the optimal integrated development strategy of the enterprise. Implementation of development directions is carried out through the formation and implementation of a development program that allows us to assess the required time intervals for achieving strategic development goals, sources of financial and resource support for the enterprise.

Keywords: database, strategic choice, multi-criteria optimization, enterprise management, enterprise

Для цитирования

Хрусталева С.П., Шендрикова О.О., Кривякин К.С., Луценко М.С. Механизм поддержки принятия стратегического выбора приоритетов развития предприятия на основании использования методов аналитики многофакторного информационного массива // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 320–322. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-320-322

For citation

Khrustaleva S.P., Shendrikova O.O., Krivyakin K.S., Lutsenko M.S. Mechanism of support of acceptance of a strategic choice of priorities of development of the enterprise based on the use of methods of analytics of multifactor information array. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 320–322. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-320-322

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Процесс цифровизации современной экономической системы ужесточает условия функционирования предприятий. Отечественные предприятия работают в условиях жесткого ограничения временных, организационных и финансовых ресурсов. Перед организациями остро стоит необходимость повышения количества возможностей развития основных бизнес-процессов в стратегической перспективе [1]. Однако анализ литературных источников показывает отсутствие конкретного инструмента, позволяющего реализовывать стратегический выбор приоритетов развития и выявлять наиболее значимые приоритеты развития.

Сформированы ключевые требования к процессу разработки механизма поддержки принятия стратегического выбора приоритетов развития предприятия на основании использования методов аналитики многофакторного информационного массива. К ключевым требованиям целесообразно отнести:

- единую совокупность механизма, предполагающую возможность применения в соответствии со стратегическим положением на кривой жизненного цикла продукта;
- общую практическую доступность предлагаемого механизма;
- процесс выбора стратегических ориентиров развития. Он должен осуществляться в условиях строго ограниченного временного интервала;
- предлагаемый механизм, который должен быть сориентирован на формирование узкого массива приоритетов развития с учетом ресурсных ограничений;
- стратегический выбор направлений развития внутренних бизнес-процессов, основывающийся на многокритериальных оценках.

Методы

Объективные условия адаптивного процесса реализации механизма поддержки принятия решения (рисунок 1) предопределяют вывод о целесообразности применения ряда методов математического моделирования. В текущем периоде не существует единой унифицированной классификации приоритетных и перспективных критериев стратегического развития предприятий и его основных бизнес-процессов, поэтому каждому предприятию свойственно на основании аналитических и экспертных методов формировать собственный информационный массив

данных, формирующий единый вектор стратегического развития.

Процесс формирования механизма поддержки принятия стратегического выбора приоритетов развития предприятия реализуется за счет укрупненного массива векторов развития, сформированного с помощью экспертно-аналитического метода и его дальнейшего последовательного сокращения на основании детальной оценки эффективности и значимости предлагаемых стратегических решений (рисунок 1).

На первом этапе создается временная многопрофильная кросс функциональная команда, компетенции которой позволяют оценить общую эффективность отдельных бизнес-процессов.

Проектирование многофакторного информационного массива приоритетов стратегического развития предприятия формируется на основании обобщения экспертного опыта и подтверждения значимости предлагаемых стратегических решений, на основании принципов группового исследования барьеров реализации стратегии развития. Значимость отдельных экспертных оценок определяется по абсолютной частоте получаемых значений и соотносится с прогнозируемым итогом последующего события и установления корреляционной зависимости вероятностной прогнозной оценки от значимости частного экспертного мнения [2].

Формирование вектора стратегического развития предприятия на основе проектирования информационного массива данных позволяет определить программу последовательных экспертных опросов на основании многокритериальных оценок путем дифференцированного взвешивания [3].

Процедура выявления стратегических приоритетов развития должна быть реализована в рамках наиболее значимых бизнес-процессов предприятия: направления развития научно-исследовательской деятельности, производственной сферы, а также организационного и управленческого развития предприятия.

Группе экспертов должен быть представлен анкетный лист, в соответствии с которым на основании качественных и количественных оценок формируется общий укрупненный массив приоритетов стратегического развития предприятия, содержащий порядка двухсот приоритетов. Далее на основании метода экспертных оценок определяется вероятность достижения заданных параметров эффективности устанавливаемого вектора стратегического развития.

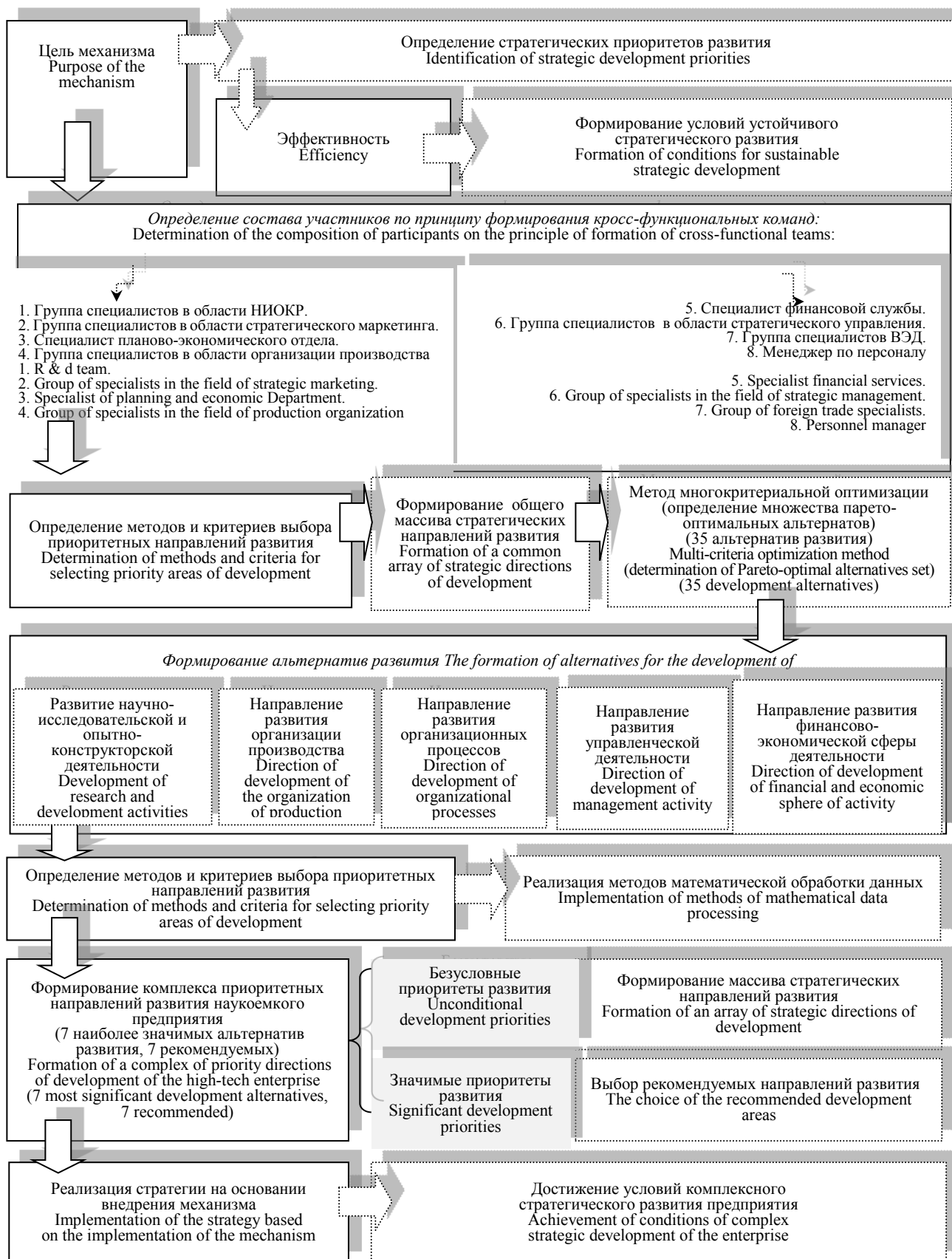


Рисунок 1. Структура механизма поддержки принятия стратегического выбора приоритетов развития предприятия на основании использования методов аналитики многофакторного информационного массива

Figure 1. The structure of the support mechanism for the adoption of the strategic priorities of the enterprise development based on the use of Analytics, multivariate data array

В процессе реализации третьего этапа происходит аналитическое обобщение результатов экспертных оценок, формируется общий перечень критериев стратегического развития в соответствии с математической согласованностью данных. Далее общий информационный массив данных подлежит поэтапному сужению до ограниченного требуемого количества частных приоритетов по критерию оптимизации процессов развития предприятий в условиях ограничений информационных, временных и финансовых ресурсов (определяются цели, критерии, ограничения и альтернативы). Каждая альтернатива характеризуется рядом факторов:

Альтернатива

$j = < X1j..., Xkj..., Xsj, I1j..., Iij..., Inj,$
оценка значения $vj1j...,$ (1)

оценка значения $vj...,$

оценка значения $vjjw >, j = 1..., m,$

где Xkj – оценка вхождения k -го направления в альтернативу; j , равная 1 в случае, если направление входит в альтернативу, и 0 – в обратном случае; Iij – оценка значения критерия оценки i -й цели предприятия при реализации альтернативы j ; $wj Zwj$ – оценка значения v -го ограничения компании при реализации альтернативы [4]. Таким образом, условие задачи оптимизации представляет собой следующее: организация стремится к достижению максимальной доходности d , обеспечению конкурентоспособности k

и росту эффективности научно-исследовательской деятельности $Эi$ при минимальных финансовых f и временных – t затратах [5].

Задача определения направления развития предполагает многокритериальный выбор, условия которого целесообразно представить в виде системы уравнений, где переменными являются направления развития $(x1..., xn)$, принимающие одно из возможных значений; d^*, f^*, t^* – значения предшествующих периодов [6].

$$\begin{cases} d(x_1..., x_n) \rightarrow \max, k(x_1..., x_n) \rightarrow \max, \\ \mathcal{E}_i(x_1..., x_n) \rightarrow \max, t(x_1..., x_n) \rightarrow \min, \\ f(x_1..., x_n) \rightarrow \min \\ d(x_1..., x_n) > d^*, f(x_1..., x_n) \leq f^*, t(x_1..., x_n) \leq t^*. \end{cases}$$

Достижение условий многокритериального определения итогового вектора стратегии развития предприятия осуществляется на основании проверки допустимого сужения приоритетов развития в условиях ограниченности ресурсов, поэтапно исключая из общего массива данных стратегические задачи, не удовлетворяющие заданным показателям эффективности. Ограниченный массив данных по критерию эффективности исследуется на оптимальность по Парето. На этапе решения задачи многокритериальной парето-оптимизации формируется график аппроксимации множества (рисунок 2), на основании которого выявлены тридцать пять оптимальных альтернатив стратегического развития.

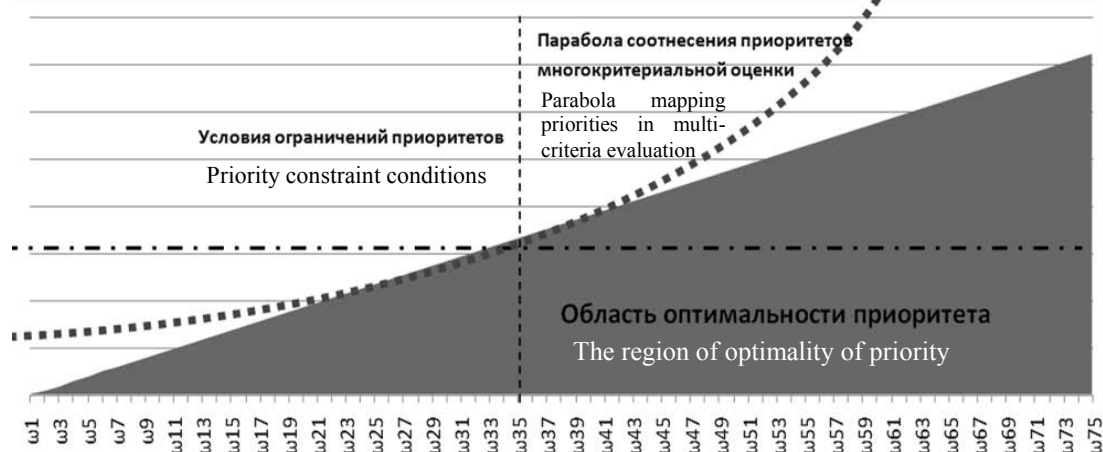


Рисунок 2. Парето-оптимизация приоритетов развития предприятия

Figure 2. Pareto optimization of enterprise development priorities

В целом процесс формирования стратегии развития предприятия и её реализации в сложной системе обеспечения устойчивости предприятия на товарных рынках в долгосрочной перспективе основывается на стратегическом выборе приоритетов развития (рисунок 3). Построение общей иерархической структуры приоритетов стратегического развития предусматривает определение вершины иерархии – главного стратегического приоритета развития предприятия,

элементы нижнего уровня образуют частные альтернативы развития, соответствующие критериям или связывающие стратегическую цель развития с установленными альтернативами. Реализация практики попарного сравнения альтернатив развития предполагает применение фундаментальной шкалы, позволяющей оценить предпочтительность критериев и матриц в строках, соотношенных с критериями, расположенными в столбцах.

Результаты и обсуждение

Рассмотренный механизм поддержки принятия стратегического выбора приоритетов развития предприятия (таблица 1) ориентирован на использование методов аналитики

многофакторного информационного массива и дальнейшее поэтапное сужение массива стратегических решений, что позволяет оптимизировать задачу стратегического выбора приоритетов развития и обеспечить адекватность решения [7].

Таблица 1.
Матрица оценок попарного сравнения критериев устойчивого стратегического развития
ПАО «НИИ ПМ»

Table 1.
Matrix of pairwise comparison of criteria for sustainable strategic development of PJSC research
Institute of PM

Критерии Criteria		Приоритеты развития научно-исследовательской деятельности Priorities for the development of research activities	Приоритеты развития организации производства Priorities of development of the organization of production	Приоритеты технологического развития Priorities of technological development	Приоритеты организационно-управленческого развития Priorities of organizational and managerial development	Приоритеты финансово-экономического развития Priorities of financial and economic development	Собственный вектор приоритетов Eigenvector of priorities $p_i = 1 / \sum_{k=1}^i d_{ki}$
		W1	W2	W3	W4	W5	
Приоритеты развития научно-исследовательской деятельности Priorities for the development of research activities	W1	1	7	5	3	3	0,498852
Приоритеты развития организации производства Priorities of development of the organization of production	W2	1/7	1	5	3	3	0,22172
Приоритеты технологического развития Priorities of technological development	W3	1/5	1/5	1	5	3	0,137647
Приоритеты организационно-управленческого развития Priorities of organizational and managerial development	W4	1/3	1/3	1/5	1	3	0,083064
Приоритеты финансово-экономического развития Priorities of financial and economic development	W5	1/3	1/3	1/3	1/3	1	0,058718
$S = \sum_{k=1}^i d_{ki}$		2,01	8,87	11,53	12,33	13,00	1

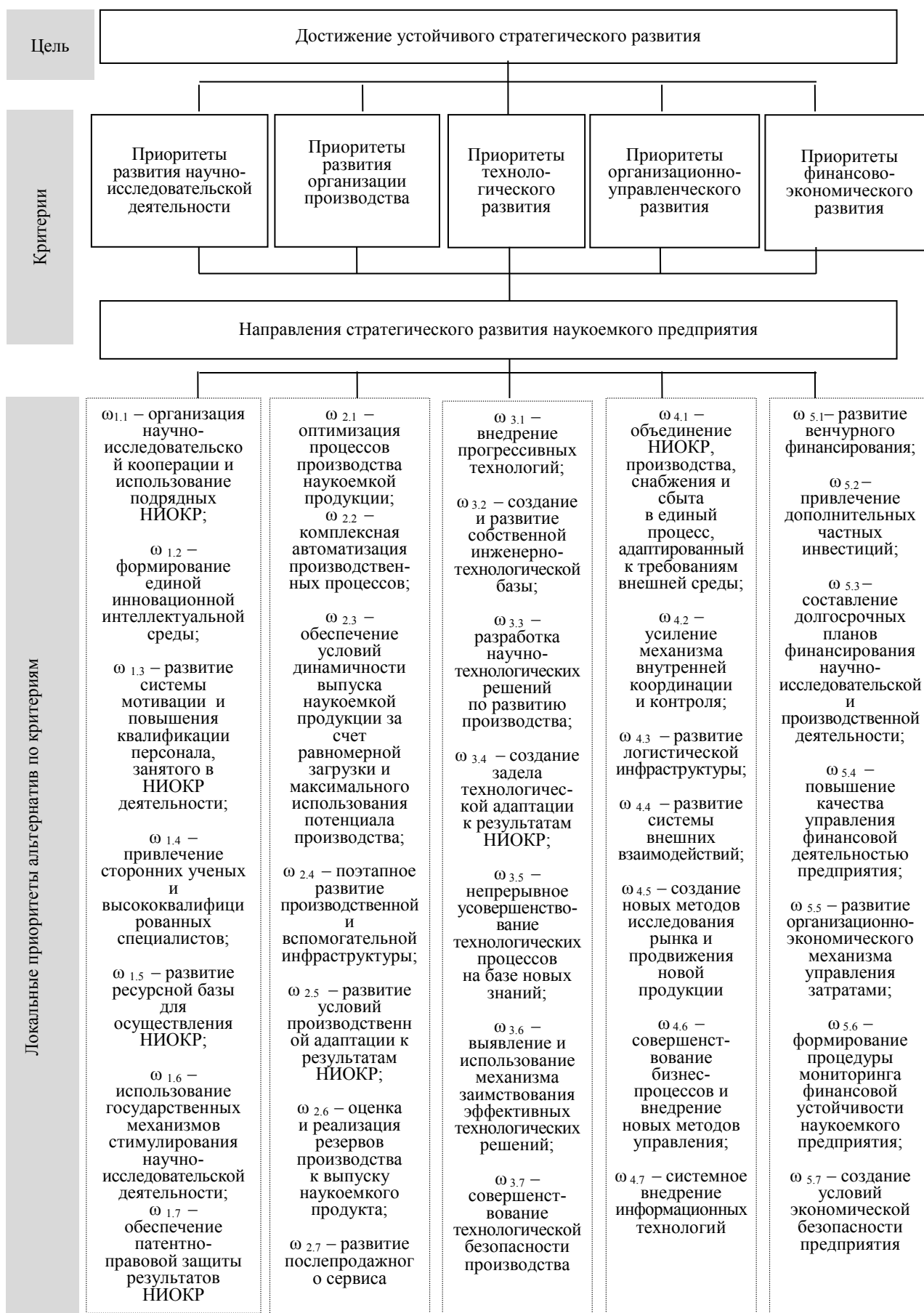


Рисунок 3. Обобщенный многокритериальный информационный массив приоритетов стратегического развития предприятия

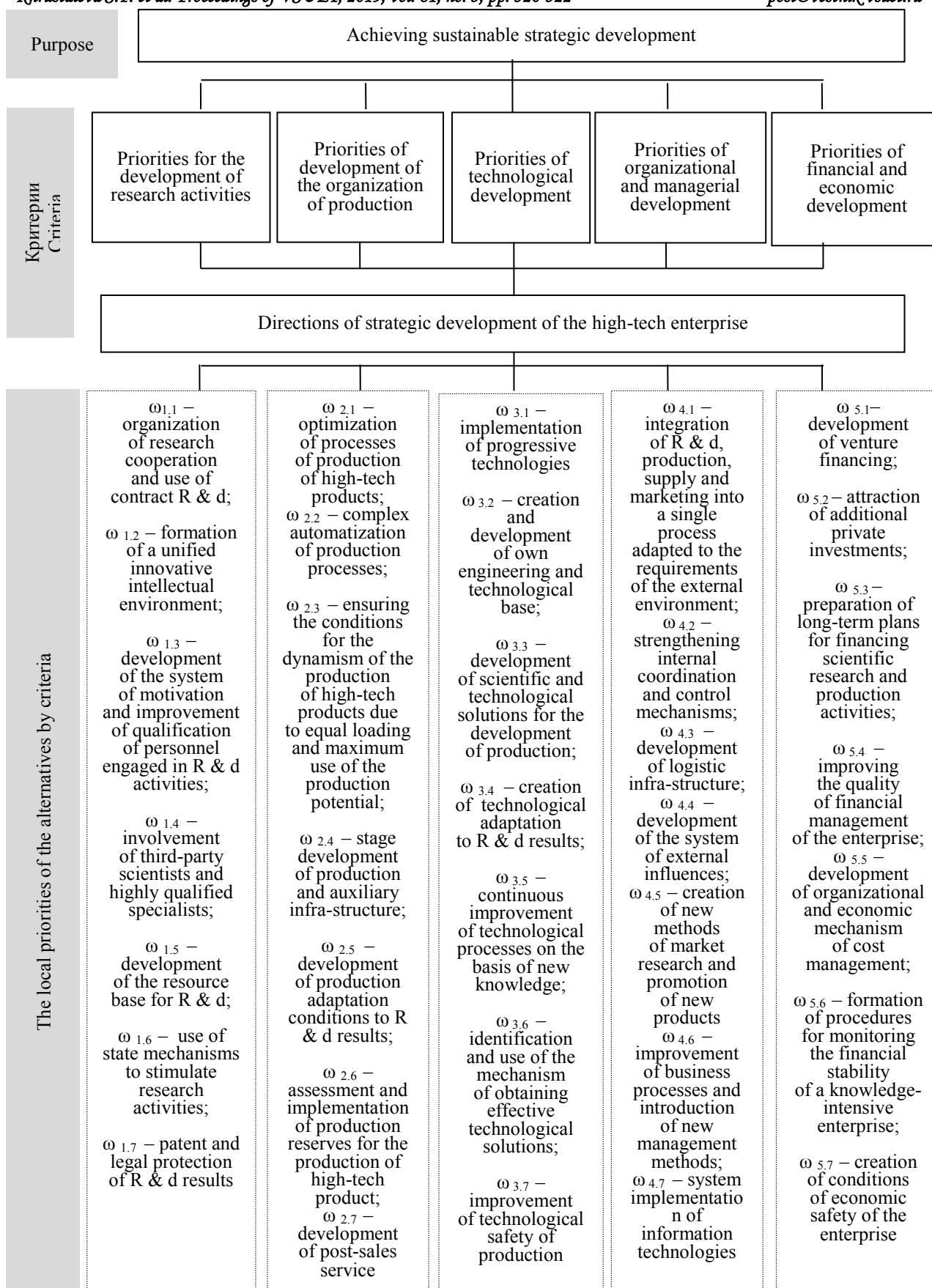


Figure 3. Generalized multicriteria information array of strategic development priorities of the enterprise

Совпадающие критерии имеют равнозначный приоритет, автоматически значение веса критерия равно единице, веса совпадающих критериев формируют главную диагональ матрицы [8, 9]. Значения итоговых весовых критериев, расположенные симметрично под диагональю, автоматически приобретают обратные значения.

Формирование квадратичной матрицы парных сравнений как общего отношения попарных приоритетов сравниваемых объектов ω_{ij} определяется в соответствии с формулой:

$$D = \begin{pmatrix} \omega_1 / \omega_1 & \omega_1 / \omega_2 & \dots & \omega_1 / \omega_i \\ \omega_2 / \omega_1 & \omega_2 / \omega_2 & \dots & \omega_2 / \omega_i \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \omega_i / \omega_1 & \omega_i / \omega_2 & \dots & \omega_i / \omega_i \end{pmatrix}.$$

Далее стратегические альтернативы развития оцениваются по каждому критерию эффективности на основании шкалы относительной важности многокритериальных оценок. В соответствии с результатами расчетов согласованности матрицы случайного порядка, значения величины случайной согласованности для матрицы со значением размерности $n=5$ составляет 1.12. Индекс согласованности элементов матрицы определяется в соответствии с формулой:

$$CI = \frac{D : \gamma_{\max} - m}{m - 1}.$$

Сумма произведений суммарных оценок s_j и допустимых значений установленных вероятностей позволяет выявить максимальное значение матрицы, которое должно быть не меньше, чем размерность матрицы $\max \geq n$; согласованность мнений экспертов определяется как отношение согласованности OC – как частное от деления коэффициента согласованности CI на величину случайной согласованности Cc [10]:

$$\gamma_{\max} = \sum_{j=1}^n s_j \cdot p_i \text{ для } i = j.$$

$$OC = \frac{CI}{Cc}.$$

В соответствии с матрицей оценок попарного сравнения критериев устойчивого стратегического развития ПАО «НИИ ПМ» наиболее вероятный критерий «Приоритеты развития научно-исследовательской деятельности» (таблица 2).

Таблица 2.

Результаты расчетов матрицы оценок попарного сравнения критериев устойчивого стратегического развития ПАО «НИИ ПМ»

Table 2.

Results of calculations of the evaluation matrix of pairwise comparison of criteria for sustainable strategic development of PJSC research Institute of PM

Показатели Indicators	Содержание Content	Результаты Results
Максимальное собственное значение матрицы Maximum eigenvalue of the matrix	$\gamma_{\max} = \sum_{j=1}^n s_j \cdot p_i$	6,343762429
Индекс согласованности The index of consistency	$CI = \frac{\gamma_{\max} - m}{m - 1}$	0,099940607
Отношение согласованности The consistency ratio	$OC = \frac{CI}{Cc}$	0,0849946971

Далее формируются матрицы локальных приоритетов стратегических альтернатив развития по каждому критерию долгосрочной устойчивости. На их основании рассчитывается интегральный показатель суммарного вектора развития, выражающий приоритет отдельных критериев и альтернатив (таблица 3).

Таблица 3.

Формирование комплекса приоритетных направлений развития на примере ПАО «НИИ ПМ»

Table 3.

Formation of a complex of priority directions of development on the example of PJSC research Institute of PM

Комплекс приоритетных направлений развития Complex of priority directions of development		Комплекс рекомендуемых направлений развития Set of recommended development directions	
Знач. приоритета Priority value	Направление развития Direction of development	Знач. приоритета Priority value	Направление развития Direction of development
1	2	3	4
0,1043	$\omega_{2.5}$ – развитие условий производственной адаптации к результатам НИОКР $\omega_{2.5}$ – development of conditions for industrial adaptation to R & d results	0,0613	$\omega_{3.7}$ – совершенствование технологической безопасности производства $\omega_{3.7}$ – improvement of technological safety of production
0,0868	$\omega_{2.4}$ – поэтапное развитие производственной и вспомогательной инфраструктуры $\omega_{2.4}$ – phased development of production and support infrastructure	0,0551	$\omega_{1.7}$ – обеспечение патентно-правовой защиты результатов НИОКР $\omega_{1.7}$ – ensuring patent and legal protection of R & d results

Комплекс приоритетных направлений развития Complex of priority directions of development		Комплекс рекомендуемых направлений развития Set of recommended development directions	
1	2	3	4
0,0824	$\omega_{1.3}$ – развитие системы мотивации и повышения квалификации персонала, занятого в НИиОК деятельности $\omega_{1.3}$ – development of the system of motivation and professional development of personnel engaged in R & d activities	0,0525	$\omega_{4.1}$ – объединение НИОКР, производства, снабжения и сбыта в единый процесс, адаптированный к требованиям внешней среды $\omega_{4.1}$ – integration of R & d, production, supply and sales into a single process adapted to the requirements of the external environment
0,0692	$\omega_{4.6}$ – совершенствование бизнес-процессов и внедрение новых методов управления $\omega_{4.6}$ – improvement of business processes and introduction of new management methods	0,0261	$\omega_{5.1}$ – развитие венчурного финансирования $\omega_{5.1}$ – development of venture financing
0,0659	$\omega_{3.2}$ – создание и развитие собственной инженерно-технологической базы $\omega_{3.2}$ – creation and development of own engineering and technological base	0,0257	$\omega_{3.6}$ – выявление и использование механизма заимствования технологических решений $\omega_{3.6}$ – identification and use of the mechanism of borrowing technological solutions
0,0639	$\omega_{5.5}$ – развитие организационно-экономического механизма управления затратами $\omega_{5.5}$ – development of organizational and economic mechanism of cost management	0,0244	$\omega_{4.7}$ – системное внедрение информационных технологий $\omega_{4.7}$ – system implementation of information technologies
0,0626	$\omega_{1.1}$ – организация научно-исследовательской кооперации и использование подрядных НИОКР $\omega_{1.1}$ – the organization of scientific-research cooperation and the use of contract R & d	0,0198	$\omega_{2.7}$ – развитие послепродажного сервиса $\omega_{2.7}$ – development of after-sales service

Итоговый информационный массив определения вектора стратегического развития предприятия первоочередно ориентирован на реализацию стратегии в условиях ресурсных ограничений и в целевых ключевых показателях эффективности. В ходе последовательного выявления и формулирования главных целей через определение целей более низкого порядка создается иерархическая целевая система стратегии развития [11].

Заключение

Рекомендуемый механизм поддержки принятия стратегического выбора приоритетов развития предприятия на основании использования

методов аналитики многофакторного информационного массива содержит ряд мероприятий, направленных на достижение устойчивого стратегического развития. Полученный массив стратегических приоритетов развития предприятия позволяет сформировать оптимальную комплексную стратегию развития предприятия [12]. Осуществляются направления развития посредством формирования и реализации программы стратегического развития, позволяющей оценить требуемые временные интервалы достижения целей стратегического развития, источники финансового и ресурсного обеспечения предприятия.

Литература

- 1 Шендрикова О.О., Луценко М.С., Шотыло Д.М. Совершенствование системы построения бизнес-процессов на предприятии // Современная экономика: проблемы и решения. 2019. № 7 (115). С. 66–78.
- 2 Лисичкин В.А., Корягин Н.Д., Конотопов М.Н. Стратегический менеджмент. М.: Изд. центр ЕАОИ, 2015. 527 с.
- 3 Сахаутдинова Э.Р. Математическая модель выбора стратегии развития организации по многим критериям // Экономика знаний. Открытое образование. 2010. № 4. С. 118.
- 4 Трифонов А.Г. Многокритериальная оптимизация. URL: http://matlab.exponenta.ru/optimiz/book_1/16.php
- 5 Хрусталева С.П., Полномошнова О.М. Стратегический механизм планирования приоритетов развития наукоемкого предприятия // Организатор производства. 2015. № 4 (67). С. 76–81.
- 6 Курбатова С.П., Туровец О.Г. Актуализация процессов развития предприятий наукоемкого сектора // Организатор производства. 2013. № 3 (58). С. 32–35.
- 7 Еремеев Д.В., Шабоха А.В. Факторы внешней и внутренней среды, влияющие на деятельность предприятий гостиничного бизнеса // Экономические исследования и разработки. 2017. № 10. С. 304–315.
- 8 Лобынцева И.И. Стратегическое развитие организации // Политика, экономика и инновации. 2018. № 2 (19). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/strategicheskoe-razvitie-organizatsii>
- 9 Новикова Т.С. Выбор стратегии развития организации // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 3. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2017/03/79877>
- 10 Носкова Н.С., Шарапова В.М. Анализ факторов дальнего окружения (PEST анализ) для фирмы ООО «Натиру» // Молодежь и наука. 2017. № 1. С. 90.

- 11 Портер М. Что такое стратегия? // В кн.: Стратегия. Harvard Business Review: 10 лучших статей. М.: Альпина Паблишер, 2016. 40–46 с.
- 12 Шарапова Н.В., Борисов И.А., Лагутина Е.Е. Стратегический анализ, или с чего начать? // Экономика и предпринимательство. 2017. № 4–1 (81–1). С. 634–637.
- 13 Yakubovich V. Weak Ties, Information, and Influence: How Workers Find Jobs in a Local Russian Labor Market // American Sociological Review. 2014. P. 408–421.
- 14 Schweer D., Sahl J.C. The Digital Transformation of Industry–The Benefit for Germany // The Drivers of Digital Transformation. Springer, Cham. 2017. P. 23–31. doi: 10.1007/978-3-319-31824-0_3
- 15 Hill C.W.L., Jones G.R. Strategic Management Theory: An Integrated Approach. Stamford, Connecticut: Cengage Learning, 2015. 467 p.
- 16 Soboleva Y.P., Parshutina I.G. Management of investment attractiveness of the region by improving company strategic planning // Indian Journal of Science and Technology. 2016. V. 9. № 14. P. 1.

References

- 1 Shendrikova O.O., Lutsenko M.S., Shotilo D.M. Improving the system for building business processes at the enterprise. Modern Economics: Problems and Solutions. 2019. no. 7 (115). pp.66 – 78. (in Russian).
- 2 Lisichkin V.A., Koryagin N.D., Konotopov M.N. Strategic Management. Moscow, Ed. EAOI Center, 2015. 527 p. (in Russian).
- 3 Sakhautdinova E.R. A mathematical model for choosing an organization's development strategy according to many criteria. Economics of knowledge. Open education. 2010. no. 4. pp. 118. (in Russian).
- 4 Trifonov A.G. Multicriteria optimization. Available at: http://matlab.exponenta.ru/optimiz/book_1/16.php (in Russian).
- 5 Khrustaleva S.P., Polnomoshnova O.M. The strategic mechanism for planning the development priorities of a high-tech enterprise. Production Organizer. 2015. no. 4 (67). pp. 76–81. (in Russian).
- 6 Kurbatova S.P., Turovets O.G. Updating the development processes of enterprises in the high technology sector. Production Organizer. 2013. no. 3 (58). pp. 32–35. (in Russian).
- 7 Ereemeev D.V., Shaboia A.V. Factors of the external and internal environment affecting the activities of hotel business enterprises. Economic research and development. 2017. no. 10. pp. 304–315. (in Russian).
- 8 Lobyntseva I.I. Strategic development of the organization. Politics, Economics and Innovations. 2018. no. 2 (19). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/strategicheskoe-razvitiye-organizatsii> (in Russian).
- 9 Novikova T.S. Choice of development strategy of the organization. Modern scientific research and innovation. 2017. no. 3. Available at: <http://web.snauka.ru/issues/2017/03/79877> (in Russian).
- 10 Noskova N.S., Sharapova V.M. Analysis of factors of the far environment (PEST analysis) for the firm LLC "Nairu". Youth and science. 2017. no. 1. pp. 90. (in Russian).
- 11 Porter M. What is a strategy? In the book: Strategy. Harvard Business Review: Top 10 Articles. Moscow, Alpina Publisher, 2016. pp. 40–46. (in Russian).
- 12 Sharapova N.V., Borisov I.A., Lagutina E.E. Strategic analysis, or where to start? Economics and Entrepreneurship. 2017. no. 4–1 (81–1). pp. 634–637. (in Russian).
- 13 Yakubovich V. Weak Ties, Information, and Influence: How Workers Find Jobs in a Local Russian Labor Market. American Sociological Review. 2014. pp. 408–421.
- 14 Schweer D., Sahl J.C. The Digital Transformation of Industry–The Benefit for Germany. The Drivers of Digital Transformation. Springer, Cham. 2017. pp. 23–31. doi: 10.1007/978-3-319-31824-0_3
- 15 Hill C.W.L., Jones G.R. Strategic Management Theory: An Integrated Approach. Stamford, Connecticut, Cengage Learning, 2015. 467 p.
- 16 Soboleva Y.P., Parshutina I.G. Management of investment attractiveness of the region by improving company strategic planning. Indian Journal of Science and Technology. 2016. vol. 9. no. 14. pp. 1.

Сведения об авторах

Софья П. Хрусталева к.э.н., доцент, кафедра экономики и управления на предприятии машиностроения, Воронежский государственный технический университет, Московский проспект, 14, Воронеж, 394026, Россия, spkurbatova@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-8035-6028>

Олеся О. Шендрикова к.э.н., доцент, кафедра экономики и управления на предприятии машиностроения, Воронежский государственный технический университет, Московский проспект, 14, Воронеж, 394026, Россия, oli-shendro@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-8975-2660>

Кирилл С. Кривякин к.э.н., доцент, кафедра экономики и управления на предприятии машиностроения, Воронежский государственный технический университет, Московский проспект, 14, Воронеж, 394026, Россия, 89081415866@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-8564-8441>

Information about authors

Sofya P. Khrustaleva Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economics and management at an engineering enterprise department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, spkurbatova@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-8035-6028>

Olesya O. Shendrikova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economics and management at an engineering enterprise department, Voronezh State Technical University, Moskovsky ave, 14, Voronezh, 394026, Russia, oli-shendro@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-8975-2660>

Kirill S. Krivyakin Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economics and management at an engineering enterprise department, Voronezh State Technical University, Moskovsky ave, 14, Voronezh, 394026, Russia, 89081415866@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-8564-8441>

Марина С. Луценко к.э.н., доцент, кафедра экономики и управления на предприятии машиностроения, Воронежский государственный технический университет, Московский проспект, 14, Воронеж, 394026, Россия, luchiksan@rambler.ru.
 <https://orcid.org/0000-0002-2137-164X>

Marina S. Lutsenko Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economics and management at an engineering enterprise department, Voronezh State Technical University, Moskovsky ave, 14, Voronezh, 394026, Russia, luchiksan@rambler.ru.
 <https://orcid.org/0000-0002-2137-164X>

Вклад авторов

Софья П. Хрусталева написала рукопись, корректировала ее до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат
Олеся О. Шендрикова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, выполнила расчёты
Кирилл С. Кривякин консультация в ходе исследования, предложен комплекс приоритетных направлений развития
Марина С. Луценко предложила многокритериальный информационный массив приоритетов стратегического развития предприятия

Contribution

Sofya P. Khrustaleva wrote the manuscript, corrected it before submitting it to the editor and is responsible for plagiarism
Olesya O. Shendrikova review of the literature on an investigated problem, performed computations
Kirill S. Krivyakin consultation in the course of the study, a set of priority areas of development is proposed
Marina S. Lutsenko proposed a multi-criteria information array of priorities of strategic development of the enterprise

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 03/07/2019	После редакции 14/07/2019	Принята в печать 10/08/2019
Received 03/07/2019	Accepted in revised 14/07/2019	Accepted 10/08/2019

Обоснование целесообразности создания свободной экономической зоны на территории Краснодарского края

Галина В. Беляева	¹	bgv@vsuet.ru	 0000-0003-4219-4432
Татьяна И. Овчинникова	¹	mih.goz@gmail.com	 0000-0001-6159-7996
Елена Ю. Колесникова	¹	elenakoles@ya.ru	 0000-0002-0190-965X
Ольга Ю. Коломыцева	¹	olgakolom@ya.ru	 0000-0002-6123-0227

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

Аннотация. Практика применения свободных экономических зон в России неоднозначна. Режим свободной экономической зоны был апробирован еще в 12-13 веках в Европе. Первая полноценная свободная экономическая зона начала действовать в Германии. В России такие зоны стали появляться в конце 90-х годов 20 века. Российская практика применения вышеуказанного механизма до настоящего времени не достаточно эффективна. Это является следствием непроработанности нормативно-законодательной базы. Объектом исследования является институт свободных экономических зон в мировой практике, предметом исследования – деятельность свободных экономических зон на территории Краснодарского края. Целью создания свободных экономических зон – катализаторов экономического роста регионов и ее участников – являются обновленные экономические отношения. Цели свободных экономических зон состоят в стимуляции экономического развития страны, в налаживании внешнеэкономических связей. В процессе проведения исследования выявлены отличия свободных и особых экономических зон от других регионов. Установлено, что от других территорий страны свободные экономические зоны отличаются следующим: максимальными привилегиями по налогам, временным освобождением от них вообще; действием льгот на ввоз необходимой для компании продукции; сниженными тарифами по ЖКХ; упрощенной процедурой регистрации бизнеса. Охарактеризованы бонусы, предлагаемые предпринимателям и юристам, работающим в таких зонах: возможность привлечь высококвалифицированные отечественные кадры; льготные налоговые режимы, что благотворно влияет на снижение затрат и позволяет получать более выгодные условия на рынке; уменьшение затрат на импорт и экспорт, что существенно увеличивает доходность предприятия.

Ключевые слова: свободная экономическая зона, Краснодарский край

The rationale for creating a free economic zone in the Krasnodar Territory

Galina V. Belyaeva	¹	bgv@vsuet.ru	 0000-0003-4219-4432
Tatiana I. Ovchinnikova	¹	mih.goz@gmail.com	 0000-0001-6159-7996
Elena Yu. Kolesnikova	¹	elenakoles@ya.ru	 0000-0002-0190-965X
Olga Yu. Kolomytseva	¹	olgakolom@ya.ru	 0000-0002-6123-0227

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The practice of using free economic zones in Russia is not straightforward. The regime of the free economic zone was tested back in the 12-13 centuries in Europe. The first full-fledged free economic zone began to operate in Germany. In Russia, such zones began to appear in the late 90s of the 20th century. The Russian practice of applying the above mechanism is still not effective enough. This is a consequence of the lack of development of the regulatory framework. The object of research is the institute of free economic zones in world practice, the subject of research is the activity of free economic zones on the territory of the Krasnodar Territory. The goal of creating free economic zones - catalysts for the economic growth of regions and its participants - is updated economic relations. The goals of free economic zones are to stimulate the economic development of the country, to establish foreign economic relations. In the course of the study, differences between free and special economic zones from other regions were revealed. It has been established that the countries of the free economic zone differ from other territories in the following: maximum tax privileges, temporary exemption from them in general; the effect of benefits on the import of products necessary for the company; reduced utility tariffs; simplified business registration procedure. The bonuses offered to entrepreneurs and legal entities working in such areas are characterized: the ability to attract highly qualified domestic personnel; preferential tax regimes, which has a beneficial effect on reducing costs and allows you to obtain more favorable conditions in the market; reducing the cost of import and export, which significantly increases the profitability of the enterprise.

Keywords: Free Economic Zone, Krasnodar Territory

Введение

Подобный режим был апробирован еще в 12–13 веках в Европе. Первая полноценная свободная экономическая зона (СЭЗ) начала действовать в Германии. Это были города Бремен и Гамбург. Эти города сохраняют весь

комплекс привилегий и на сегодняшний день. В России такие зоны стали появляться в конце 90-х годов 20 века.

Благодаря созданию таких территорий развивается не только страна в комплексе, но и отдельные ее регионы.

Для цитирования

Беляева Г.В., Овчинникова Т.И., Колесникова Е.Ю., Коломыцева О.Ю. Обоснование целесообразности создания свободной экономической зоны на территории Краснодарского края // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 81. № 3. С. 331–338. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-331-338

For citation

Belyaeva G.V., Ovchinnikova T.I., Kolesnikova E.Yu., Kolomytseva O.Yu. The rationale for creating a free economic zone in the Krasnodar Territory. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 81. no. 3. pp. 331–338. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-331-338

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

СЭЗ в России позволяет решить ряд следующих задач: создание новых мест работы для тех лиц, которые обладают достаточной квалификацией; появляется стимул для отечественного производителя, повышается уровень инвестиций в производство; сохранение и развитие интеллектуального потенциала; привлечение в страну капитала из других стран.

Те же, кто осуществляют деятельность на территории экономзон, получают следующие преимущества: льготы по налогообложению;

экономят на пошлинах и других видах платежей; могут заниматься привлечением персонала высокой квалификации; могут увеличивать доходы, при этом минимизируя затраты.

Обсуждение

Цели СЭЗ состоят в стимуляции экономического развития страны, в налаживании внешнеэкономических связей. Зоны, в которых сформированы особые экономические условия, можно классифицировать (таблицы 1, 2).

Таблица 1.

Общепринятая классификация экономических зон

Table 1.

Common classification of economic zones

Наименование экономзоны Name of economic zone	Характеристика Characteristic
Промышленно-производственная Industrial-Production	Комплекс, на котором производится большое кол-во определенной группы товаров Complex, which produces a large number of a certain group of goods
Свободной торговли Free Trade	Зона хранения, упаковки, тестирования продукции. Юрисдикция таможенной службы на нее не распространяется Zone of storage, packaging, testing of products. The jurisdiction of the customs service does not apply to it
Туристическая Tourism	С особыми условиями для предпринимателей в сфере туризма Special conditions for tourism entrepreneurs
Сервисная Service	С особыми условиями осуществления финансовой деятельности With special conditions for financial activities
Научно-техническая Science and Technology	Технопарк, зона для разработок и научных исследований Technopark, a zone for development and research

Таблица 2.

Цели создания отдельных типов экономических зон

Table 2.

The goals of creating certain types of economic zones

Виды экономических зон Types of economic zones	Цель создания The purpose of creating	Условия для полноценного функционирования СЭЗ the conditions for the full functioning of the SEZ	Принципы действия Principles of action
Территориальная Territorial	Для взаимодействия с другими регионами, ограниченного либо полного For interaction with other regions, limited or complete	Географическое положение должно быть удачным.	Государство должно гарантировать отсутствие конфискации и другого присвоения имущества,
Функциональная Functional	Создается для выполнения определенной функции (для производства и так далее) Is being created for performance of a specific function (for production and so on)	Свободные площади для развития. Высокий уровень инфраструктуры. Возможность привлечь кадры с хорошим уровнем квалификации.	другого присвоения имущества, принадлежащего инвестору. Свободно должна использоваться валюта для совершения любых операций.
Таможенная Customs	С предоставлением серьезных льгот по импорту и экспорту товаров With the provision of serious benefits for the import and export of goods	Наличие возможности развивать внешние связи. Должны существовать виды деятельности, которые сложились исторически	Обязательно должны отсутствовать любые таможенные пошлины
Налоговая Tax	С частичной или полной отменой сборов With partial or complete cancellation of fees	Geographical location must be successful. Free areas for development.	The state must guarantee the absence of confiscation and other appropriation of property belonging to the investor.
Финансово-инвестиционная Financial investment	Со снижением ставок по сборам, сниженными процентами по кредитам и страхованию With a reduction in interest rates, reduced interest on loans and insurance	High level of infrastructure. The ability to attract staff with a good level of skill. Availability of opportunities to develop external relations;	Currency should be used freely for any operations.
Административная Administrative	С упрощенным порядком регистрации и постановки на учет различных компаний, а также с упрощенными правилами выезда и въезда граждан других государств With a simplified procedure for registration and registration of various companies, as well as simplified rules for the departure and entry of citizens of other states	There must be historical activities	Must be absent any customs duties

Вышеизложенное позволило выявить отличия свободных и особых экономических зон от других регионов. От других территорий страны СЭЗ отличаются следующим: максимальными привилегиями по налогам, временным освобождением от них вообще; действием льгот на ввоз необходимой для компании продукции; сниженными тарифами по ЖКХ; упрощенной процедурой регистрации бизнеса.

Экспресс-оценка инвестиционной привлекательности Краснодарского края позволила отнести ее к самой многочисленной категории с высоким потенциалом и низким уровнем рисков для частных предпринимателей.

Федеральная политика снижения инвестиционных рисков реализуется через создание особых и свободных экономических зон. Наибольшее количество свободных экономических зон имеют европейские страны. Россия в этом плане находится далеко не на последнем месте в Европе. На текущий момент в России насчитывается более 25 таких анклавов. Свободные экономические зоны в России, представленные в таблице 3, классифицируем по следующим отличительным признакам.

Таблица 3.
Классификация свободных экономических зон

Table 3.
Classification of Free Economic Zones

Зоны Zones	Территории Territories
Промышленные Industrial	ППТ Алабуга, Липецк, Тольятти, Титановая долина, Могиліно, Людиново PPT Alabuga, Lipetsk, Tolyatti, Titanium Valley, Mogilino, Lyudinovo
Технологические Technological	ТВТ Дубна, Зеленоград, Санкт-Петербург, Иннополис, Томск TVT Dubna, Zelenograd, St. Petersburg, Innopolis, Tomsk
Туристические Tourist	Бирюзовая Катунь, Алтайская долина, Байкальская гавань, Куршская коса, Ворота Байкала, Остров Русский, Гранд СПА Юца Turquoise Katun, Altai Valley, Baikal Harbor, Curonian Spit, Baikal Gate, Russky Island, Grand SPA Yutsa Logistic Soviet harbor, Ulyanovsk,
Логистические Logistic	Советская гавань, Ульяновск, Мурманск Soviet harbor, Ulyanovsk, Murmansk

Кроме вышеперечисленных, в России существуют и другие специальные территориальные образования, которые базируются в Калининграде, Адыгее, Карачаево-Черкесской республике, Алалии, Дагестане, Кабардино-Балкарии.

Необходимость организации специальных экономических анклавов имеет своей целью реализацию стратегических программ общегосударственного масштаба. Иногда решаемой с их помощью задачей является «подтягивание»

отдельных отраслей и регионов. Таким образом, организация территорий с особым статусом преследует следующие цели: привлечение национальных и зарубежных инвестиций; организация дополнительных мест для трудоустройства высококвалифицированных специалистов, что способствует сохранению и увеличению интеллектуального капитала страны; способствует становлению российских товаропроизводителей и облегчает проведение импортозамещения.

Предприниматели и юристы, которые работают в таких зонах, получают следующие бонусы: возможность привлечь высококвалифицированные отечественные кадры; льготные налоговые режимы, что благотворно влияет на снижение затрат и позволяет получать более выгодные условия на рынке; уменьшение затрат на импорт и экспорт, что существенно увеличивает доходность предприятия.

Считаем необходимым инициировать создание СЭЗ с предоставлением перечня льгот участникам.

Для резидентов всех типов зон устанавливается пониженная ставка налога на прибыль, подлежащего зачислению в бюджеты субъектов Российской Федерации. Существуют общие для всех типов особых экономических зон налоговые льготы. Резиденты освобождаются от уплаты налога на имущество на срок от 5–10 лет в зависимости от зоны с момента постановки имущества на учет при выполнении следующих условий:

- имущество создано или приобретено в целях ведения деятельности на территории зоны;
- указанное имущество находится на территории зоны;
- имущество фактически используется на территории зоны.

Преференции по транспортному налогу устанавливаются субъектами Российской Федерации, на территории которых создаются особые зоны. Для инвесторов льгота по транспортному налогу предоставляется с момента регистрации транспортного средства.

На федеральном уровне инвесторы освобождаются от уплаты земельного налога на 5–10 лет в зависимости от зоны с момента возникновения права собственности на земельный участок, расположенный на ее территории

Проведем расчет платежей в бюджет организациями при разных режимах налогообложения: общем, упрощенном «доходы», упрощенном «доходы-расходы», в виде единого налога на временный доход (таблица 5). Условия для расчета взимаемых налогов следующие (таблица 4). Расчет проведем для организации, базирующейся в среднестатистическом российском регионе – Воронежской области.

Условия для расчета налогов

Table 4.

Conditions for calculating taxes

Регион РФ Region of the Russian Federation	Воронежская область Voronezh region
Код ОКВЭД. Выберите код ОКВЭД, соответствующий виду деятельности компании OKVED code. Select the OKVED code corresponding to the company's activities	51 – Оптовая торговля, включая торговлю через агентов, кроме торговли автотранспортными средствами и мотоциклами 51.3 – Оптовая торговля пищевыми продуктами, включая напитки, и табачными изделиями 51.31 – Оптовая торговля фруктами, овощами и картофелем 51.31.2 – Оптовая торговля непереработанными овощами, фруктами и орехами 51 - Wholesale trade, including trade through agents, except for trade in motor vehicles and motorcycles 51.3 - Wholesale of food, beverages and tobacco 51.31 - Wholesale of fruit, vegetables and potatoes 51.31.2 - Wholesale of unprocessed vegetables, fruits and nuts
Доходы (планируемые за 1 календарный год) Revenues (planned for 1 calendar year)	
Размер полученных доходов Выручка с НДС, в тыс. р. Amount of income received Revenue with VAT, in thousand rubles	3000
Расходы (планируемые за 1 календарный год) Costs (planned for 1 calendar year)	
Суммарные расходы Total expenses	2200
Расходы на оплату труда, в т. ч. НДФЛ, в тыс. р. Labor costs, including personal income tax, in thousand rubles	1000
Материально-производственные расходы с учетом НДС, в тыс. р. Material and production costs, including VAT, in thousand rubles	1000
Амортизируемое имущество с учетом НДС, в тыс. р. Depreciable property including VAT, in thousand rubles	100
Прочие расходы с учетом НДС, в тыс. р. Other expenses including VAT, in thousand rubles	100

Таблица 5.

Сравнительный расчет платежей в бюджет при различных системах налогообложения

Table 5.

Comparative calculation of payments to the budget under various taxation systems

	Упрощенная система (УСНО), объект налогообложения "доходы" Simplified system (USNO), the object of taxation "income"	Общий режим налогообложения (ОПНО) General tax regime (ORNO)	Упрощенная система (УСНО), объект налогообложения "доходы, уменьшенные на величину расходов" the object of taxation "income reduced by the amount of expenses"	Система налогообложения в виде единого налога на временный доход для отдельных видов деятельности The tax system in the form of a single tax on temporary income for certain types of activities
1	2	3	4	5
Общая сумма налогов Total taxes	262.000 .	655.021	410.700	342.012
Ставка единого налога, % Single tax rate, %	6	-	15.00	
Единый налог Single tax	0.000	-	68.700	0.012
Налог на добавленную стоимость (НДС 18%) Value Added Tax (18% VAT)	0.000	274.576	0.000	

Продолжение табл. 5 | Continuation of table 5

1	2	3	4	5
Обязательные страховые взносы во внебюджетные фонды, всего: Mandatory insurance contributions to extrabudgetary funds, total:	342.000	342.000	342.000	342.000
в т. ч. ФСС, ТФОМС, ФФОМС including FSS, TFOMS, FFOMS	80.000	80.000	80.000	80.000
в т. ч. взносы на ОПС including contributions to the OPS	260.000	260.000	260.000	260.000
в т. ч. взносы от несчастных случаев на производстве в ФСС including contributions from industrial accidents at the FSS	2.000	2.000	2.000	2.000
Налог на имущество Property tax	0.000	2.200	0.000	0
Налог на прибыль Income tax	0.000	36.245	0.000	0
Прибыль, оставшаяся на развитие бизнеса, тыс. р. Profit remaining on business development, thousand rubles	538	144	389	

Проанализировав проведенные расчеты, следует отметить, что наиболее удачным вариантом налогообложения является упрощенная система (УСНО), объект налогообложения "доходы". В результате ее применения прибыль,

оставшаяся в распоряжении организации, составляет 538 тыс. р.

Для организаций, базирующихся в свободной экономической зоне, предоставляются следующие льготы (таблица 6).

Таблица 6.

Предлагаемая система льгот для организаций-участников свободной экономической зоны

Table 6.

The proposed system of benefits for organizations participating in the free economic zone

Вид налога Type of tax	Ставка налога без льгот Tax rate without benefits	Ставка с учетом льгот, % Rate inclusive of benefits, %	Срок действия льготы Period of validity of benefits
Налог на прибыль организации, % Corporate income tax,%	20	0	На период с 2018 г. до 2019 г. For the period from 2018 to 2019
		3	На период с 2020 г. до 2021 г. For the period from 2020 to 2021
		10	На период с 2022 г. 2023 г. For the period from 2022 to 2023
		13,5	На период с 2024 года (пока существует ОЭЗ) For the period from 2024 (while the SEZ exists)
Налог на имущество, % Property tax, %	2,2 от среднегодовой стоимости имущества 2.2 of the average annual value of the property	0	10 лет с месяца, следующего за месяцем постановки имущества на учет 10 years from the month following the month of registration of property
Земельный налог, % Land tax, %	1,5	0	На 5 лет с момента возникновения права собственности на каждый земельный участок For 5 years from the moment of the ownership right to each land plot
Транспортный налог (р. л.с.) Transport tax (rub hp)	10–500 за л.с.	0	10 лет с момента регистрации ТС 10 years from the moment of registration of the vehicle
Страховые взносы, % Insurance premiums,%	30,2%	14	до 2018 года until 2018
		21	2018 год 2018 year
		28	2019 год 2019 year
Беспшлинный ввоз продукции, в том числе товаров народного потребления и сложнотехнической продукции Duty-free import of products, including consumer goods and complex technical products			

Приведем сравнительную характеристику обязательных платежей в бюджет среднестатистического российского предприятия, функционирующего в рамках свободной экономической зоны, и вне ее при заданных ранее условиях (таблица 7). Для сравнения выберем общий режим налогообложения.

Проведенный расчет доказывает, что размещение и функционирование организации в СЭЗ Краснодарского края более эффективно с точки зрения получения прибыли, нежели за пределами вышеуказанной территории, даже без учета земельного и транспортного налога.

Таблица 7.

Сравнительный расчет платежей в бюджет

Table 7.

Comparative calculation of payments to the budget

Наименование показателя Name of indicator	Норматив к уплате в бюджет, % Standard for payment to the budget, %		Сумма к уплате в бюджет, тыс. р. Amount payable to the budget, thousand rubles	
	Предприятие в СЭЗ Enterprise in the free economic zone	Предприятие за пределами СЭЗ Enterprise outside the free economic zone	Предприятие в СЭЗ Enterprise in the free economic zone	Предприятие за пределами СЭЗ Enterprise outside the free economic zone
Единый сельхозналог и налог по упрощенной системе Unified agricultural tax and simplified tax system	0 (2015–2016)	6	–	–
	4 (2017–2021)			
Налог на прибыль, % Income tax, %	0 в ФБ	20	23,328	36,245
	13,5 в МБ			
Земельный налог Land tax	Не взимается в течение 10 лет Not charged for 10 years	1,5	0	–
Транспортный налог Transport tax	Не взимается в течение 10 лет Not charged for 10 years	10–500 за л.с.	0	–
Имущественный налог Property tax	Не взимается в течение 10 лет Not charged for 10 years	2,2	0	2,200
Амортизация основных средств Depreciation of fixed assets	Ускоренная с коэффициентом 2 Accelerated by a factor of 2	Линейная, коэффициент 1 Linear, coefficient 1	–	–
ИТОГО Total			23,328	38,445

Стратегия инвестиционного развития Краснодарского края предусматривает комплекс мероприятий, устраняющий практически все инвестиционные риски, связанные с инфраструктурой, экологией и социальной сферой. Разумеется, кроме коррупционных, которые необходимо преодолевать в рабочем порядке.

В связи с вышесказанным обозначим перспективы развития экономики Краснодарского края. Рейтинговые исследования инвестиционного процесса в разрезе регионов России за последние 5 лет выявили тенденцию снижения роли сырьевых ресурсов в инвестиционной привлекательности региона. В соответствии с этим политические, научные и предпринимательские прогнозы по поводу роста масштабов экономики Краснодарского края и уровня жизни населения оптимистичны.

Как показывает опыт инвестиционных форумов, для частных инвесторов важным является уровень проработки конкретного проекта. Со своей стороны региональные власти выступают с целым набором готовых просчитанных инвестиционных предложений и оказывают информационную поддержку инвесторам.

Судя по масштабам инвестиционного процесса, набирающего обороты, интерес инвесторов весьма значительный, в том числе интерес зарубежных инвесторов (включая европейских, действующих несмотря на санкции).

Туристическая направленность региона позволяет туристическим компаниям наращивать свою работу на этом направлении, прогнозируя большой приток среднего класса из различных регионов страны. Связано это как с уникальными

возможностями для отдыха в Краснодарском крае, так и с ослаблением рубля, сделавшим неподъемными поездки за рубеж для большинства россиян. Рост количества отдыхающих от года к году можно назвать свершившимся фактом. Становятся актуальными все направления инвестирования, связанные с туризмом.

Во-первых, это развитие сетей отелей, ориентированных на российский средний класс.

Во-вторых, прогнозируется развитие транспорта внутри региона. Существующие способы сообщения не выдерживают наплыва туристов и при своей дешевизне не дают достаточного комфорта для отдыхающих. Следовательно, мы прогнозируем появление ряда компаний, осуществляющих трансфер и транспортные услуги по Краснодарскому краю.

В-третьих, большой импульс для развития получит непосредственно экскурсионная инфраструктура. Большого потока туристов хватит как существующим, так и новым туристическим компаниям и агентствам. Перспективно создание крупных региональных операторов (в том числе с участием субъектов) для стандартизации качества оказываемых туристам услуг. Благоприятные климатические условия и наличие соответствующей инфраструктуры, исторических памятников архитектуры располагает к проведению в Краснодарском крае саммитов, форумов, фестивалей и встреч на международном уровне, что повлечет спрос на услуги ивент-менеджмента и кейтеринга. Следует ожидать развития особых разновидностей туризма: военно-патриотического, индивидуального, гастрономического и т. п.

В-четвертых, безусловно, велика потребность в заведениях общественного питания, особенно привлекающих российскими стандартами качества обслуживания.

Большую перспективу имеют проекты, связанные с агропромышленным потенциалом. В первую очередь, это виноделие и производство виноматериалов (продуктов частичной переработки материала, который производители используют для создания недорогого вина). В силу особенностей почв в России не существует региона даже с близким потенциалом по производству высококачественного (авторского) вина. Что касается недорогих вин, производство которых присутствует в соседних регионах, то они дорожают в связи с ростом цен на импортный виноматериал. Местный продукт, безусловно, найдет свой спрос в этой сфере. Как туристический регион Краснодарский край является центром потребления вина и винопродуктов, что упрощает логистику.

Заключение

Значительные инвестиции, безусловно, ожидают также предприятия агро- и аквакультуры (в частности, производство традиционной натуральной продукции сельского хозяйства и рыболовства). Черное море – подходящая площадка для выращивания устриц и других моллюсков.

Перспективными направлениями являются строительство, консалтинг, юридические и бухгалтерские услуги, услуги по профессиональной подготовке и повышению квалификации кадров, разработка программного обеспечения, лизинг и розничная торговля транспортными средствами, а также торговля и логистика.

Литература

- 1 Хорев А.И., Колесникова Е.Ю., Коломыцева О.Ю. Системное управление потенциалом социально-экономического роста предприятия // ФЭС: Финансы. Экономика. 2008. № 7. С. 39–40.
- 2 Коломыцева О.Ю., Колесникова Е.Ю. Содержательные аспекты категории "социально-экономический рост предприятия" // ФЭС: Финансы. Экономика. 2008. № 8. С. 36а-37.
- 3 Овчинникова Т.И., Коломыцева О.Ю., Колесникова Е.Ю. Устойчивое развитие на основе инноваций (на примере ОАО "Концерн «Созвездие» // Вестник ВГУИТ. 2016. № 1 (67). С. 237–242.
- 4 Коломыцева О.Ю., Дуванова Ю.Н., Колесникова Е.Ю. Методика оценки развития персонала организации // ФЭС: Финансы. Экономика. 2008. № 8. С. 44а-46.
- 5 Фридман А. Вариационные принципы и задачи со свободными границами. М., 2017. 589 с.
- 6 Цяньшэн П., Кай В. Опыт китайских зон технико-экономического развития. М.: Издательство СПбГУ, 2016. 488 с.
- 7 Мирпочев Д.А., Арипов О.Х. Направления повышения эффективности функционирования свободных экономических зон в республике Таджикистан (на примере свободной экономической зоны «СУД») // Вестник Таджикского государственного университета права, бизнеса и политики. Серия общественных наук. 2014. № 3 (59). С. 109–115.
- 8 Буткевич О.В. О соотношении понятий «особая экономическая зона» и «свободная экономическая зона» // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Юридические науки. 2016. Т. 2 (68). № 3. С. 162–168.
- 9 Stadnik A.T. et al. Improving the methodology of disposition of state support funds for agriculture under the WTO rules // Asian Social Science. 2015. V. 11. №14. P. 133.
- 10 Aizinova I.M. Problems of food security in the sphere of consumption: Regional aspect // Studies on Russian Economic Development. 2015. V. 26. № 6. P. 600.
- 11 Kovtun B.A., Papelo V.N. Local production systems and regional economic development. 2014. 302 p.
- 12 Visser O., Spoor M., Mamonova N. Is Russia the emerging global 'breadbasket'? Re-cultivation, agroholdings and grain production // Europe-Asia Studies. 2014. V. 66. № 10. P. 1589–1610.

References

- 1 Khorev A.I., Kolesnikova E.Yu., Kolomytseva O.Yu. System management of the potential of socio-economic growth of an enterprise. FES: Finance. Economy. 2008. no. 7. pp. 39–40. (in Russian).
- 2 Kolomytseva O.Yu., Kolesnikova E.Yu. Substantive aspects of the category "socio-economic growth of the enterprise. FES: Finance. Economics. 2008. no. 8. pp. 36a–37. (in Russian).
- 3 Ovchinnikova T.I., Kolomytseva O.Yu., Kolesnikova E.Yu. Sustainable development on the basis of innovation (for example, the Concern Constellation OJSC). Proceedings of VSUET. 2016. no. 1 (67). pp. 237–242. (in Russian).
- 4 Kolomytseva O.Yu., Duvanov Yu.N., Kolesnikova E.Yu. Methodology for assessing the development of personnel of the organization. FES: Finance. Economy. 2008. no. 8. pp. 44a–46. (in Russian).
- 5 Friedman A. Variational principles and problems with free boundaries. Moscow, 2017. 589 p. (in Russian).
- 6 Qiansheng P., Kai V. Experience of Chinese zones of technical and economic development. Moscow, Publishing house of St. Petersburg State University, 2016. 488 p. (in Russian).
- 7 Mirpochoev D.A., Aripov O.Kh. Directions for improving the functioning of free economic zones in the Republic of Tajikistan (on the example of the free economic zone "SUGD"). Bulletin of the Tajik State University of Law, Business and Politics. Series of social sciences. 2014. no. 3 (59). pp. 109–115. (in Russian).
- 8 Butkevich O.V. On the correlation of the concepts of "special economic zone" and "free economic zone" // Scientific notes of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky. Jurisprudence. 2016. vol. 2 (68). no. 3. pp. 162–168. (in Russian).
- 9 Stadnik A.T. et al. Improving the methodology of disposition of state support funds for agriculture under the WTO rules. Asian Social Science. 2015. vol. 11. no. 14. pp. 133.
- 10 Aizinova I.M. Problems of food security in the sphere of consumption: Regional aspect. Studies on Russian Economic Development. 2015. vol. 26. no. 6. pp. 600.
- 11 Kovtun B.A., Papelo V.N. Local production systems and regional economic development. 2014. 302 p.
- 12 Visser O., Spoor M., Mamonova N. Is Russia the emerging global 'breadbasket'? Re-cultivation, agroholdings and grain production. Europe-Asia Studies. 2014. vol. 66. no. 10. pp. 1589–1610.

Сведения об авторах

Галина В. Беляева д.э.н., профессор, кафедра теории экономики и учетной политики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, bgv@vsuet.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4219-4432>

Татьяна И. Овчинникова д.э.н., профессор, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mih.goz@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6159-7996>

Елена Ю. Колесникова к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, elenakoles@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0190-965X>

Ольга Ю. Коломышева к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, olgakolom@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6123-0227>

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Galina V. Belyaeva Dr. Sci. (Econ.), professor, economics and accounting policy department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, bgv@vsuet.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4219-4432>

Tatiana I. Ovchinnikova Dr. Sci. (Econ.), professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mih.goz@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6159-7996>

Elena Yu. Kolesnikova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, elenakoles@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0190-965X>

Olga Yu. Kolomytseva Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, olgakolom@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6123-0227>

Contribution

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 29/07/2019	После редакции 12/08/2019	Принята в печать 24/08/2019
Received 29/07/2019	Accepted in revised 12/08/2019	Accepted 24/08/2019

Применение социального моделирования с использованием агент-ориентированного подхода в приложении к научно-техническому развитию, реализации НИОКР и поддержанию инновационного потенциала

Владимир И. Абрамов ¹	wladi-mir.abramow@gmail.com	 0000-0001-5714-2358
Антон Н. Кудинов ¹	a.kudinov13@gmail.com	 0000-0001-8300-7061
Дмитрий С. Евдокимов ¹	dimaevd15@gmail.com	 0000-0001-8304-9448

¹ Центральный экономико-математический институт Российской академии наук, Нахимовский проспект, 47, Москва, 117418, Россия

Аннотация. Агент-ориентированные модели (АОМ) и мультиагентные системы (МАС) могут использоваться для решения проблем во многих областях исследований – от естественных наук и информатики до экономики и социальных наук. Многие природные и социальные явления могут быть представлены в виде сложной имитации. Таким образом, с течением времени агентные модели и мультиагентные системы оказались действительно мощным инструментом в таких сферах, как экономика и торговля, здравоохранение, городское планирование и социальные науки. Кроме того, мультиагентная система может быть представлена как искусственное общество, аналогичное человеческому и состоящее из сущностей с характеристиками, сходными с человеческими, например, с точки зрения автономии и интеллекта. В основе АОМ лежит принцип объективной ориентированности, а также эволюции (обучения) агентов в процессе моделирования различных вариантов предлагаемых событий. Несмотря на всю кажущуюся простоту правил взаимодействия между агентами, получаемые результаты, как правило, неочевидны, а также вполне осмысленны и содержательны. АОМ могут быть разработаны как на микроуровне, так и представлять собой модели с множеством агентов на макроуровне. О концепции мультиагентных систем, которые сразу приобрели сторонников и поддержку как в научных кругах, так и в индустриальных сообществах, впервые заговорили в середине 1980-х годов. За последние 30 лет методология создания МАС постоянно совершенствовалась: активно развивались технологии и инструменты для ее продвижения и использования при управлении крупномасштабными сетевыми структурами (такими, как оборонные комплексы, энергетика, здравоохранение, транспорт, логистика, управление городским хозяйством, коллективная робототехника и пр.). Область применения МАС обширна. Анализ реализованных МАС доказывает, что в настоящее время инструмент является самой передовой технологией для управления любыми объектами, построенными на принципах самоорганизации. Однако, несмотря на всю очевидность позитивных перспектив внедрения технологии АОМ, число примеров ее успешного применения на сегодняшний день мало. В связи с этим, для дальнейшего распространения инструментария особенно актуально создание новых площадок для обсуждения международного опыта и совершенствования подхода к имитационному моделированию в целом. Создание открытого консорциума по агент-ориентированному моделированию, а также работа по содействию в разработке и коммуникации, распространению результатов исследований, осуществлению образовательной деятельности в совокупности позволят внести вклад в развитие агент-ориентированного моделирования. Проведенные в работе анализ и обзор существующей методологии социального моделирования с использованием агент-ориентированного подхода в приложении к научно-техническому развитию, реализации НИОКР и поддержанию инновационного потенциала, показали, что модели, отличающиеся сложными многоуровневыми процессами и взаимодействиями агентов, обладают более емкими программными конструкциями, которые зависят в большей степени от «тонкой» настройки самих агентов. Такие модели могут содержать и использовать объемный набор данных и в области экономических исследований, как правило, направлены на анализ и прогнозирование различных социально-экономических процессов на макроуровне.

Ключевые слова: агент-ориентированное моделирование, имитационное моделирование, мультиагентные системы, научно-технический прогресс, НИОКР, R&D, S&D, инновационные разработки

Application of social modeling using agent based approach in scientific and technical development, implementation of R&D and maintenance of innovative potential

Vladimir I. Abramov ¹	wladi-mir.abramow@gmail.com	 0000-0001-5714-2358
Anton N. Kudinov ¹	a.kudinov13@gmail.com	 0000-0001-8300-7061
Dmitry S. Evdokimov ¹	dimaevd15@gmail.com	 0000-0001-8304-9448

¹ Central Economics and Mathematics Institute, RAS, Nakhimovsky prospect, 47, Moscow, 117418, Russia

Для цитирования

Абрамов В.И., Кудинов А.Н., Евдокимов Д.С. Применение социального моделирования с использованием агент-ориентированного подхода в приложении к научно-техническому развитию, реализации НИОКР и поддержанию инновационного потенциала // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 339–357. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-339-357

For citation

Abramov V.I., Kudinov A.N., Evdokimov D.S. Application of social modeling using agent based approach in scientific and technical development, implementation of R&D and maintenance of innovative potential. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 339–357. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-339-357

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Abstract. Agent based models (ABM) and multiagent systems (MAS) can be used to solve problems in many fields of research - from natural and computer to economics and social sciences. Many natural and social phenomena can be represented in form of complex simulations so over time agent models and multi-agent systems have proven to be a really powerful tool in areas such as economics and trade, health, urban planning and social sciences. In addition multi-agent systems can be represented as an artificial society similar to a human one and consisting of entities with characteristics similar to human ones, for example in terms of autonomy and intelligence. ABM are based on the principle of objective orientation as well as the evolution (training) of agents in the process of modeling various variants of the proposed events. Despite the apparent simplicity of the rules of interaction between agents the results are usually non-obvious and quite meaningful. ABM can be developed both at the micro level and represent models with multiple agents at the macro level. The concept of multi-agent systems which immediately gained followers and support in both scientific circles and industrial communities, first started talking in the mid-1980s. Over the past thirty years, the methodology of IAU creation has been constantly improved: technologies and tools for its promotion and use in the management of large-scale network structures (such as defense systems, energy, health, transport, logistics, urban management, collective robotics, etc.) have been actively developed. The scope of application of MAS is very wide. The analysis of implemented MAS proves that currently the tool is the most advanced technology for managing any objects built on the principles of self-organization. However, despite all the evidence of positive prospects for the introduction of AOM technology the number of examples of its successful application to date is small. In this regard creation of new platforms for discussion of international experience and improvement of the approach to simulation modeling in general is especially important for further dissemination of AMB and MAS. Creation of an open consortium for agent-oriented modeling as well as promotion of development, communication and dissemination of research results as well as implementation of educational activities together will contribute to the development of agent based modeling. The analysis and review of existing methodology of social modeling with use of agent based approach in the application to scientific and technical development, implementation of R&D and maintenance of innovative potential showed that models characterized by complex multi-level processes and interactions of agents have more capacious software structures which depend more on the "fine" tuning of the agents themselves. Such models can contain and use a voluminous set of data, and in the field of economic research tend to focus on the analysis and forecasting of various socio-economic processes at the macro level.

Keywords: agent based modeling, simulation modeling, multi-agent systems, scientific and technological progress, R&D, S&D, innovation

Введение

Концепция мультиагентных систем (далее – МАС) в начале своей разработки базировалась на применении биологических принципов развития самой живой природы и человеческого общества (англ. bio-inspired – вдохновляемая биологией, живыми системами), которые базируются на принципе решения задач с помощью взаимодействий, лежащих в основе самоорганизации. Как следствие, эта концепция выглядела естественной, была понятна и привлекательна, и получила высокую оценку в научных и промышленных сообществах. Уже в 1990-е гг. к разработкам в области МАС были привлечены ведущие научные силы и ИТ-компании. В 1996 г. была создана общественная организация FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents), задачей которой было научное обоснование стандартов в области агентов и МАС [20].

Сегодня появились новые эффективные методы для исследования и получения знаний об обществе. На первый план выходят агент-ориентированные модели (далее – АОМ), которые являются основой для создания искусственных обществ. Гипотеза о том, что «..познание через построение, через выращивание – это основной метод изучения общества, предусмотренный парадигмой агент-ориентированного подхода к моделированию социальных систем» еще раз доказывает важность и необходимость применения АОМ во всех областях жизнедеятельности человечества [1–3].

Среди современных инструментов имитации сложнейших социально-экономических систем агентный подход является наиболее гибким и приспособленным, поскольку поведение агентов создаваемого искусственного сообщества эволюционирует в процессе моделирования различных предлагаемых ситуаций, обеспечивая максимально возможное приближение к реальности. Выводы, которые получаются в результате экспериментов, можно отнести к максимально достоверным, так как модели, представляющие собой искусственное общество, могут быть разработаны как на микроуровне, так и включать в себя большое количество агентов, которые имитируют поведение системы на макроуровне. Добавление новых, а также изменение свойств и алгоритмов поведения уже существующих агентов, их обучение в процессе моделирования различных ситуаций, позволяет получать все новые и новые результаты исследований при постоянно возрастающем уровне достоверности и детализации самой модели. Особую актуальность мультиагентные системы приобретают при их использовании в управлении крупномасштабными объектами сетевой структуры, состоящей из множества относительно автономных участников, имеющих индивидуальные стимулы в процессе своей деятельности. Примером таких сложных систем могут послужить крупные энергетические, транспортные, логистические компании, оборонный комплекс, коллективная робототехника и др. [4, 10].

Агент-ориентированные модели уже доказали на практике свою эффективность и надежность. Множество работ зарубежных и отечественных исследователей посвящены изучению научной и государственной политики в области НИОКР. Их разработки позволяют проанализировать эффекты, получаемые от государственного финансирования исследований, связанных с инновационными и технологическими разработками для различных сфер государственного управления на различных уровнях.

Научная база НИОКР постоянно пополняется новыми перспективными разработками в области исследований и моделирования сложных социально-экономических процессов. В некоторых агентных моделях ученые применяют имитационный подход, где агенты выступают в роли исследователей и экспертов со стороны научно-государственных организаций. С помощью таких исследований возможно воспроизводить сценарные эксперименты с различными вариациями для оценки прогнозирования поведенческих особенностей исследователей, чьи работы выигрывают / проигрывают, а также экспертов, принимающих решения о результатах конкурсов. Проведение исследований в области конструктивного управления государственными ресурсами в области НИОКР играют важную роль в развитии научно-технического прогресса.

В настоящее время главными задачами всех систем управления обществом является обеспечение принятия быстрых и точных решений, а также составление долгосрочных прогнозов на основе анализа больших объемов информации. В контексте полноценного анализа исходных баз данных и учета всех факторов, оказывающих влияние на тот или иной процесс, а также построения максимально точных социально-экономических моделей для повышения эффективности управления, среди современных инструментов агент-ориентированные модели являются наиболее приспособленными и имеют ряд преимуществ таких, как:

- возможность обеспечения быстрого перехода от моно-модели к мульти-модели;
- способность агентов к рациональности и обучаемости;
- обеспечение максимальной реалистичности;
- наличие удобного интерфейса для визуализации экспериментов и проведения сценарных экспериментов;

- возможность проведения имитационных расчетов при различных заданных параметрах;

- применимость в использовании при управлении крупномасштабными объектами, основанными на принципах самоорганизации сетевой структуры;

- использование интуитивно понятных правил взаимодействия между агентами, позволяющих получить достоверные результаты [11, 13].

АОМ могут работать в симбиозе с другими технологиями, например, с ГИС-системами, позволяющими осуществлять пространственный анализ данных и наглядно отображать моделируемые процессы на географических картах. Так, например, разработанная модель землетрясений позволяет оценивать последствия подобных чрезвычайных ситуаций, а также проектировать оптимальные пути их ликвидации. В перспективе агентный подход позволит обеспечить идентификацию критических моментов времени, после наступления которых чрезвычайные последствия будут иметь необратимый характер (войны, обрушения рынка и т. д.) [15, 20].

Таким образом, агент-ориентированное моделирование становится все более эффективным и востребованным инструментом для ученых, изучающих социальные и социально-экономические процессы. Моделирование, несмотря на свою трудоемкость, позволяет прогнозировать такие сложные социальные процессы, как, например, осуществление государственной политики, поведение большой группы экономических субъектов, диффузия знаний и инноваций и т. д. [2, 19].

Материалы и методы

В последние десятилетия экономика и производство подверглись значительным потрясениям и структурным изменениям. Помимо стандартных производственных факторов, таких как капитал и рабочая сила, в настоящее время особое внимание должно быть уделено уровню технического прогресса, технологическому аспекту производства, каналам передачи знаний и др. Потребность в применении имитационного подхода, являющегося одним из наиболее перспективных и активно развивающихся инструментов в моделировании, наблюдается в настоящее время не только на уровне государства, но и частных коммерческих организаций. Структурные изменения в управлении организации требуют лучшего понимания процесса производства знаний и их передачи внутри отраслей и между ними, роли

и эффективности институтов передачи знаний, таких как университеты, центры трансфера технологий и консалтинговые компании. Более того, в некоторых организациях агент-ориентированный подход уже используется для обеспечения принятия управленческих решений в отношении сложных взаимосвязанных процессов [17].

На современном этапе все шире пропагандируется использование вычислительных методов в качестве замены или дополнения традиционных методов исследования, в частности, для изучения социальных явлений, производных от организованной сложности. Многие традиционные подходы к моделированию (математические и статистические) приняли за основу абстракции макроуровня. В подобных моделях внимание акцентируется преимущественно на предположения высокого уровня (государства, отрасли и т. п.), и поэтому обычно инкапсулируют основу тех процессов, которые они призваны объяснять. И наоборот, агент-ориентированный подход зачастую избегает промежуточных объяснений, пытаясь воспроизвести макро-поведение путем изменения характера поведения и взаимодействий микро-агентов. Агентные архитектуры становятся намного проще в построении из-за развития объектно-ориентированных языков программирования, в связи с чем модели мультиагентного или распределенного искусственного интеллекта становятся все более популярными.

Таким образом, многие природные и искусственные явления можно представить в виде мультиагентных систем, которые со временем стали действительно мощным инструментом для моделирования и понимания явлений в различных областях науки и техники. Однако, несмотря на то, что имитационное моделирование развивается уже много лет, их фактическое внедрение все еще находится на ранних стадиях. С конца 90-х гг. было разработано множество имитационных платформ. Некоторые из них уже перестали существовать, в то время как другие продолжают выпускать новые версии программного обеспечения для их совершенствования. С другой стороны, исследовательское сообщество, занимающееся продвижением агент-ориентированного моделирования, по-прежнему занято созданием новых более совершенных платформ. Такое количество различного программного обеспечения приводит к высокой степени неоднородности в методологии построения имитационных

моделей. Таким образом, общая проблема заключается в том, каким образом заинтересованные в использовании мультиагентных систем исследователи должны выбирать, какую платформу использовать, чтобы извлечь наибольшую выгоду из технологии имитационного моделирования. В последнее время такой выбор все чаще зависит от авторитетных обзорных статей, нежели чем от накопленного опыта использования или распространенности платформы. На сегодняшний день в большинстве случаев мультиагентные системы описывают лишь основные характеристики нескольких классов агентов, даже не давая никакой классификации самих систем в целом. Ниже (таблица 1) представлена классификация, основанная на универсальных критериях сравнений и оценки, самых популярных платформ для моделирования, используемых учеными-исследователями в области агент-ориентированного моделирования.

Выбор программного обеспечения для проектирования агент-ориентированных моделей является важным этапом исследования, так как у каждой из платформ есть свои ярко выраженные плюсы и минусы, а также особенности, которые надо учитывать при работе с интерфейсом выбранной платформы [20].

Мультиагентный подход привлекателен тем, что он может охватить весь спектр ментальных моделей. Этот подход является внутренне гибким и включает в себя множество преимуществ, таких как простота масштабирования и расширения. Данные преимущества недостижимы в случаях, когда модели получены из абстракций более высокого уровня, так как требуют учета всех факторов, оказывающих влияние на наблюдаемый процесс или систему. Важно отметить, что агентный подход может быть использован не только в качестве эффективной замены математических моделей с использованием дифференциальных уравнений, наоборот, их комбинирование может быть использовано для моделирования непрерывных или дискретных процессов, в равной степени поддающихся линейному или нелинейному моделированию. Кроме того, подобные модели могут быть эффективно использованы на одном или нескольких уровнях детализации для обеспечения интуитивно понятного (в т. ч. визуального) представления процессов, представляющих интерес для исследователей и лиц, ответственных за принятие решений [14].

Таблица 1.

Table 1.

Разновидности имитационных платформ и их особенности

Varieties of simulation platforms and their features

Платформа Software	Краткое описание и особенности платформы	General description and software features
1	2	3
Agent Factory	Платформа в целом разделена на две части: поддержка развертывания агентов на ноутбуках, настольных компьютерах и серверах; поддержка развертывания агентов на ограниченных устройствах, таких как мобильные телефоны и датчики	Software is divided into two parts: support for agent deployment on laptops desktops and servers; and support for agent deployment on limited devices such as mobile phones and sensors
AgentBuilder	Имитационная платформа, которая может быть использована в многочисленных случаях моделирования. Является kqml-совместимым интегрированным набором инструментов для построения интеллектуальных программных агент-ориентированных моделей	A simulation software that can be used in numerous simulation cases. Is a kqml-compatible integrated set of tools for building intelligent software agent based models
AgentScape	Платформа была создана для проектирования крупномасштабных, разнородных и распределенных мультиагентных систем	Software was created for the design of large-scale, heterogeneous and distributed multi-agent systems
AGLOBE	Платформа, предназначенная для проведения сценарных экспериментов с возможностью учета пространственного расположения агентов	Software designed for scenario experiments with the possibility of taking into account spatial arrangement of agents
AnyLogic	Платформа с различными модификациями для моделирования, которая поддерживает не только агент-ориентированное моделирование общего назначения, но и системную динамику и процессно-ориентированный (дискретно-событийный) подход к моделированию	Software with various modifications for modeling that supports not only General-purpose agent based modeling but also system dynamics and discrete-event modeling approach
Cormas	Платформа моделирования, основанная на среде программирования VisualWorks, которая позволяет разрабатывать приложения на объектно-ориентированном языке Smalltalk. Предопределенные сущности сорта – это универсальные классы Smalltalk, из которых путем классификации и уточнения пользователи могут создавать определенные сущности для своей собственной модели	A modeling platform based on the VisualWorks programming environment that allows you to develop applications in the Smalltalk object-oriented language. CORMA predefined entities are generic Smalltalk classes from which by classification and refinement users can create specific entities for their own model
Cougaar	Обладает функционалом для проектирования архитектуры когнитивного агента и представляет собой финансируемую DARPA мультиагентную платформу с открытым исходным кодом, которая предлагает специальные возможности для решения логистических задач	Software has the functionality to design a cognitive agent architecture and is an open-source DARPA-funded multi-agent platform that offers special capabilities for logistics tasks
CybelePro	Предоставляет своим пользователям надежную высокопроизводительную инфраструктуру для быстрой разработки и развертывания крупномасштабных высокопроизводительных мультиагентных систем	Provides its users with a robust, high-performance infrastructure for the rapid development and deployment of large-scale, high-performance multi-agent systems
EMERALD	Программное средство, предлагающее уникальные средства для выстраивания связей между агентами в семантической сети с использованием сторонних доверенных сервисов аргументации	Software tool that offers unique tools for building relationships between agents in a semantic network using third-party trusted argumentation services
GAMA	Платформа моделирования, целью которой является предоставление экспертам, программистам и ученым комплексной среды для разработки агент-ориентированных моделей и проведения пространственных мультиагентных симуляций	Simulation software that aims to provide experts, programmers and scientists with a comprehensive environment for developing agent based models and performing spatial multi-agent simulations
INGENIAS	Инструмент для разработки мультиагентных систем, поддерживающий методологию INGENIAS. INGENIAS продвигает модельный подход, основанный на использовании INGENME (INGENIASMeta-Editor) – инструмента для создания автономных визуальных редакторов с помощью языка XML	Multi-agent system development tool supporting the INGENIAS methodology. INGENIAS promotes a model approach based on the use of INGENME (INGENIASMeta-Editor), a tool for creating stand – alone visual editors using the XML language
JACK	Успешная кроссплатформенная среда для создания, запуска и интеграции коммерческих мультиагентных систем. Она построена на логической основе BDI (убеждения / желания / намерения)	Successful cross-platform environment for building, running and integrating commercial multi-agent systems. It is built on the logical basis of BDI (beliefs/desires/intentions)

Продолжение табл. 5. | Continuation of table 5.

1	2	3
JADE	Фреймворк, полностью реализованный на языке программирования Java, упрощающий реализацию мультиагентных систем с помощью программного обеспечения, которое соответствует спецификациям фонда интеллектуальных физических агентов FIPA	Framework fully implemented in the Java programming language that simplifies the implementation of multi-agent systems with software that complies with the specifications of the FIPA intelligent physical agent Foundation
Jadex	Средство, разработанное на логической основе BDI, которое обеспечивает легкое конструирование агента с помощью многоуровневого моделирования. Позволяет проектировать интеллектуальных программных агентов с помощью языков программирования XML и Java	BDI logic-based tool that enables easy agent design through multi-level modeling. Allows you to design intelligent software agents using the XML and Java programming languages
JAMES II	Чистый (без внешних зависимостей) Java фреймворк для моделирования и симуляции. ПО архитектурно реализовано в виде платина, кратко названного "plug'n'simulate" и обеспечивающего максимальную гибкости модели	Pure (no external dependencies) Java framework for modeling and simulation. Software is architecturally implemented as a plug-in briefly called "plug'n'simulate", and provides maximum flexibility of the model
JAS	Является полуплатформой для построения агентных моделей, но выступает в качестве полноценной платформы. JAS – это инструмент моделирования, специально разработанный для имитационного агент-ориентированного моделирования	It is a semi-platform for building agent models, but acts as a full-fledged platform. JAS is a simulation tool specifically designed for agent based simulation
Jason	Полноценный интерпретатор расширенной версии AgentSpeak – агент-ориентированного логического языка программирования BDI, реализованного на языке Java	A full-fledged interpreter of the extended version of AgentSpeak – agent based logical programming language BDI, implemented by Java language
JIAC	Основанная на языке программирования Java архитектура и фреймворк, облегчающий разработку и эксплуатацию крупномасштабных распределенных приложений и служб. Платформа поддерживает проектирование, внедрение и развертывание мультиагентных систем	Java programming language-based architecture and framework that facilitates the development and operation of large-scale distributed applications and services. The platform supports the design, implementation and deployment of multi-agent systems
MaDKit	Модульная и масштабируемая мультиагентная платформа с открытым исходным кодом, написанная на языке Java и построенная на основе организационной модели AGR (агент / группа / роль)	A modular and scalable open source multi-agent platform written in Java and built on the AGR (agent/group/role) organizational model
MASON	Быстрый, легко расширяемый, дискретный инструмент мультиагентного динамического моделирования в среде программирования Java, выступающий в качестве платформы для имитационного моделирования	A fast, easily extensible, discrete multi-agent dynamic modeling tool in the Java programming environment that acts as a simulation platform
NetLogo	Мультиагентная программируемая среда моделирования, используемая студентами, преподавателями и исследователями по всему миру. Платформа позволяет исследовать эмерджентные явления, обладает обширной библиотекой моделей	A multi-agent programmable simulation environment used by students, teachers and researchers around the world. The platform allows to study emergent phenomena, has an extensive library of models
Repast	Представляет собой семейство передовых, свободных и открытых платформ моделирования, которые в совокупности находятся в непрерывном развитии на протяжении более 14 лет	it is a family of advanced, free and open modeling platforms that together have been in continuous development for over 14 years
SeSAM	Универсальная среда для разработки и моделирования мультиагентных моделей. Его основной целью является предоставление ученым возможностей рассматривать модели с помощью визуального программирования	Universal environment for development and modeling of multi-agent models. Its main purpose is to enable scientists to view models through visual programming
Swarm	Первый программный инструмент, созданный имитационного для моделирования, был разработан в институте Санта-Фе в 1994 г. Swarm был специально разработан для применения имитационного моделирования в научных исследованиях	First software tool created by simulation was developed at the Santa Fe Institute in 1994. Swarm was specifically designed to apply simulation in scientific research

Агент-ориентированные модели научно-технического развития, реализации НИОКР и поддержания инновационного потенциала

Агент-ориентированные модели, отличающиеся сложными многоуровневыми процессами и взаимодействиями агентов, обладают более емкими программными конструкциями, которые зависят в большей степени от «тонкой» настройки самих агентов. Такие модели могут содержать и использовать объемный набор данных, и в области экономических исследований, как правило, направлены на анализ и прогнозирование различных социально-экономических процессов на макроуровне. Далее в работе приведен анализ и обзор существующей методологии социального моделирования с использованием агент-ориентированного подхода в приложении к научно-техническому развитию, реализации НИОКР и поддержанию инновационного потенциала.

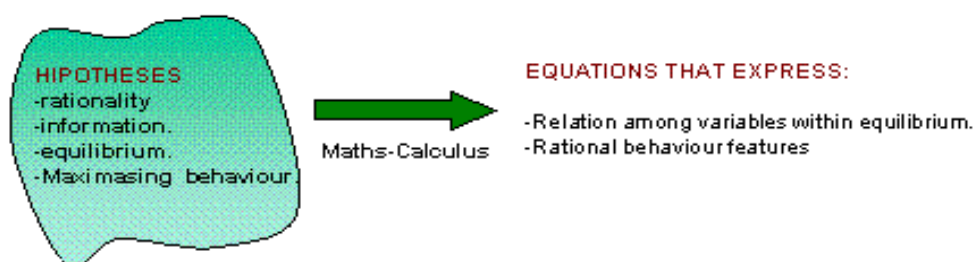
Моделирование когнитивного обучения в эволюционных средах

Эволюционные механизмы являются адекватным подходом к анализу отраслевой динамики в экономике, основанной на знаниях, поскольку они могут достоверно отражать реакцию на происходящие инновационные процессы, технологические изменения и генерацию новых знаний. Но для того, чтобы формализовать указанные выше механизмы, исследователям

необходим методологический инструментарий, поддерживающий их теоретический анализ. В работе, посвященной когнитивному обучению в эволюционных средах [25], авторы пришли к выводу, что агрегированное поведение экономических агентов должно возникать исходя из принципа ограниченной рациональности в поведении, а также эндогенного характера обучения, которое должно соответствовать некоторым стилизованным фактам из когнитивной науки и психологии. Мультиагентные системы в данном контексте – это методология, которая выполняет некоторые из приведенных выше требований. Они предлагают альтернативный способ моделирования когнитивного обучения в эволюционных средах, который согласуется с некоторыми основными понятиями когнитивной науки. В разработанной модели агенты наделены как декларативными, так и процедурными знаниями. Авторы использовали подход для построения эволюционных моделей инновационных отраслей, где фирмы учатся изменять свои решения о бюджете НИОКР, производстве, технологии и т. д.

На основе эволюционного подхода в работе рассматриваются две методологии (рисунок 1). Первая – это неоклассическая, преимущество которой обычно заключается в применении экономико-математических средств. Вторая – это эволюционное моделирование, применение которого стало распространяться в начале 80-х гг.

Neoclassical methodology: Hypotheses and optimisation.



Evolutionary methodology: micro-foundations and computer simulation.



Рисунок 1. Неоклассическая и эволюционная методологии исследований [25]

Figure 1. Neoclassical and evolutionary research methodology [25]

К отдельному инструменту имитационного моделирования можно отнести когнитивное мультиагентное моделирование. Методология, которая используется для моделирования эволюционных сред, основывается на соответствующих идеях эволюционной экономики, искусственного интеллекта, вычислительной экономики и когнитивной науки (рисунок 2). Мультиагентные системы относятся к области распределенного искусственного интеллекта

и позволяют специалисту в области моделирования сосредоточиться на индивидуальном поведении агентов.

С помощью имитационного моделирования можно лучше понять отношения между микро-основами и агрегатным поведением сложных систем, а также исследовать, при каких условиях сложность поведения на микроуровне нивелируется на макроуровне.

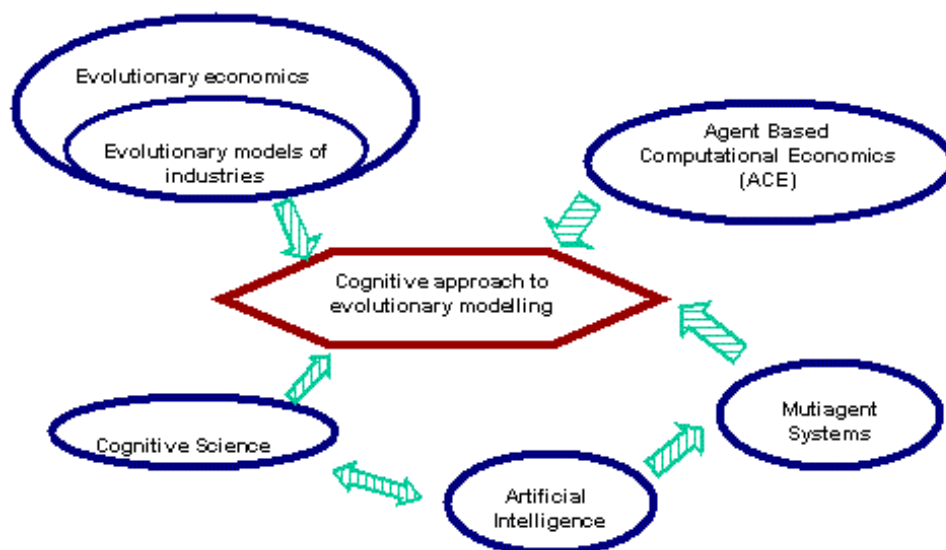


Рисунок 2. Когнитивный подход к эволюционному моделированию [26]

Figure 2. Cognitive approach to evolutionary modeling [26]

Предложенный в статье методологический подход был успешно использован для построения отраслевых моделей, воспроизводящих некоторые эмпирические формализованные эволюционные факторы инновационных и высокотехнологичных открытий. Данный подход полезен для моделирования в области финансовых рынков, экономической географии, управления природными ресурсами и др. [5, 25].

Наряду с вопросом социального взаимодействия, между учеными-исследователями задача защиты авторских прав остается актуальным вопросом в настоящее время. Так, Конституция Соединенных Штатов Америки уполномочивает Конгресс принимать законы об авторских правах для содействия созданию знаний в обществе и, в частности, научных знаний. Было проведено множество экономических исследований в области авторского права, однако вопрос влияния законодательства на создание самих знаний до сих пор остается недостаточно изученным. Одна из разработанных агент-ориентированных моделей показала эффекты взаимодействия ученых-исследователей [18]. Авторами исследования было сделано предположение, что, по большей части, ограничение авторского права препятствует ученым в создании новых знаний.

Однако, результаты моделирования показали, что продление срока действия авторских прав способствует, а не препятствует данному процессу. Кроме того, количество ученых, публикующих материалы с защищенным авторским правом, как правило, превосходит число тех, кто не создает потенциального напряжения между индивидуальными стимулами и общественным благом.

Исследование показало, что постепенно число научных публикаций растет. «Larsen and Ins» оценили в 4,7% прирост от общего количества научных публикаций в период с 1997 по 2006 гг. Политики заинтересованы в содействии более высокому темпу роста знаний в обществе, поскольку это способствует продвижению и развитию страны. В качестве важного политического инструмента Конституция Соединенных Штатов наделила Конгресс правом принимать законы об авторских правах для содействия прогрессу науки и искусств, обеспечивая на ограниченное время авторов и изобретателей исключительным правом на их соответствующие произведения и открытия [18].

Модель самоорганизующихся инновационных сетей

В работе [16] приведены результаты разработки модели, в которой агентами являются фирмы, а также такие политические акторы, как исследовательские лаборатории, организации и т. д. При этом, каждый агент обладает собственной базой знаний, которую он использует для создания «артефактов», которые, как он надеется, станут инновациями. Успех «артефактов» оценивается «оракулом», который оценивает каждый «артефакт», используя критерий, недоступный агентам. Агенты могут следовать стратегиям улучшения своих «артефактов» либо самостоятельно (путем их постепенного улучшения или радикального изменения), либо путем поиска партнеров для получения дополнительных знаний.

Выбранная платформа для моделирования может быть применена в различных сферах, в частности к четырем различным тематическим исследованиям проекта «Самоорганизующиеся Инновационные Сети» (Self-Organizing Innovation Networks – SEIN), и может использоваться для

оценки экономических или социологических перспектив развития инновационных сетей.

Отправной точкой для концептуализации инновационной сети являются акторы, которыми в основном являются фирмы, занятые научными исследованиями и разработками (НИОКР). Кроме того, в модели присутствуют политические акторы, венчурные капиталисты, а также университеты и государственные научно-исследовательские институты, которые преодолевают разрыв между прикладными и фундаментальными исследованиями.

Агенты в модели трансформируют способы генерации потенциальных инноваций, которые оцениваются «оракулом» для оценки успешности инноваций (рисунок 3). Если расположенные к сотрудничеству субъекты успешно находят потенциального партнера, который готов сотрудничать, между ними образуется партнерство. На основе партнерских отношений могут развиваться устойчивые инновационные сети, включающие двух или более субъектов. Эти процессы сотрудничества влияют на обучение акторов, изменяя существующие возможности и создавая новые.

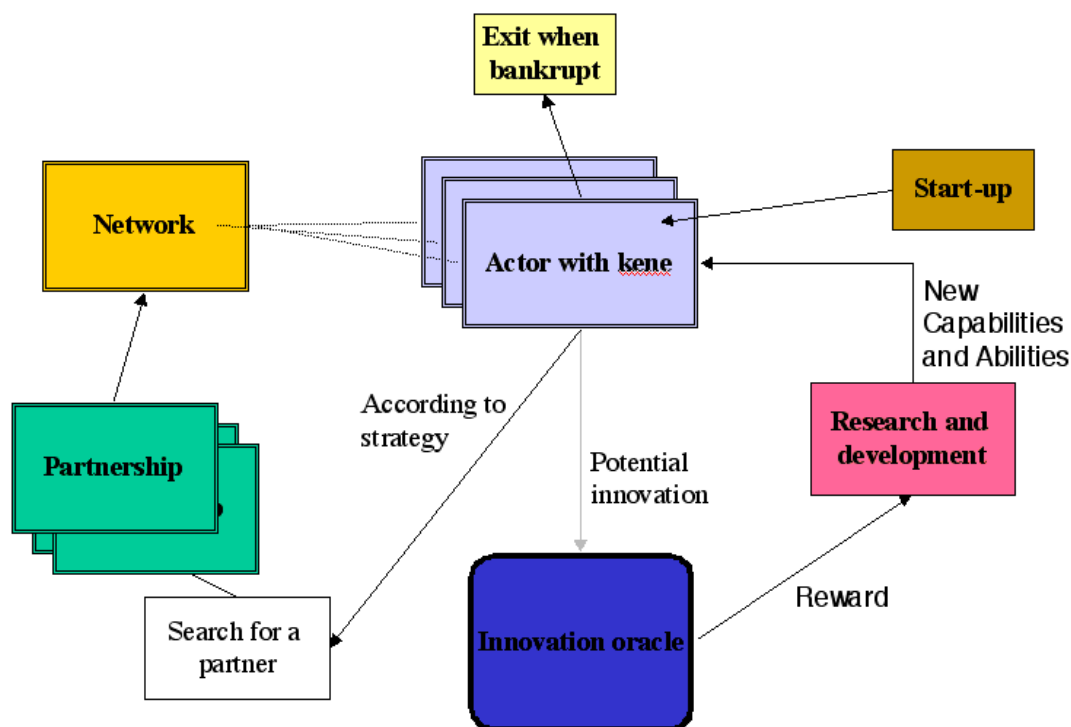


Рисунок 3. Структура модели самоорганизующихся инновационных сетей [16]

Figure 3. Structure of the model of self-organizing innovation networks [16]

Когда инновация оказывается успешной, вознаграждение распределяется в соответствии с конкретным механизмом вознаграждения по предусмотренным в модели правилам сотрудничества. Затем вознаграждение может быть инвестировано в дальнейшие исследования.

Если агент не может сам успешно внедрять инновации и проводить исследования, он становится «банкротом» и в конечном итоге «умирает».

Что касается выводов, которые можно сделать исходя из модели, то становится очевид-

ным, что процесс принятия решений в целом приобретает более высокую степень легитимности. Работа с компьютерным моделированием означает включение современных инструментов форсайта в «арсенал» лиц, принимающих решения: это показывает, что политические институты действительно заботятся о последствиях принятия решений [16].

Модель генерации новых знаний и технологий

В исследовании [9] понятие «инновация» было рассмотрено в качестве эмерджентного свойства динамики сложных систем. Для этого авторы разработали агент-ориентированную имитационную модель экономики, в которой системное взаимодействие знаний между разнородными агентами имеет решающее значение для рекомбинантного генерирования новых технологических знаний и внедрения инноваций. В частности, модель позволяет исследовать, как влияют на инновационное поведение такие архитектурные, организационные и институциональные факторы, как пространственное распределение фирм и способы охраны прав интеллектуальной собственности. Фирмы в модели рассматриваются как агенты, которые реагируют на неожиданные события. Их реакция может быть адаптивной или творческой в зависимости от локализованного контекста действия. Реакция агентов может привести к внедрению инноваций, повышающих производительность, если организация системы такова, что реактивные агенты могут фактически воспользоваться преимуществами внешних знаний, имеющихся в инновационной системе, в которую они встроены. При таком подходе внешние знания являются необходимым вкладом в генерацию новых знаний наряду с внутренней исследовательской деятельностью.

При выбранном подходе организация системы играет решающую роль в оценке шансов отдельных фирм на фактическое внедрение инноваций, поскольку она дает доступ к внешним знаниям, наряду с внутренней учебной и исследовательской деятельностью. Внедрение инноваций анализируется как результат системного взаимодействия знаний между ближайшими агентами, которые обладают функцией рациональности и формами творческой реакции. Творческая реакция агентов может привести к внедрению инноваций, повышающих производительность. Это происходит только тогда, когда структурные, организационные и институциональные характеристики системы таковы, что агенты, реагируя на неравновесные условия, могут реально воспользоваться преимуществами

внешних знаний, имеющихся в инновационной системе, в которую они встроены, для генерирования новых технологических знаний. При этом агентный подход позволил исследовать влияние альтернативных организационных особенностей систем, а именно различных конфигураций режимов прав интеллектуальной собственности и различных архитектурных конфигураций региональной структуры, в которой происходит взаимодействие знаний, на темпы внедрения технологических инноваций. Результаты моделирования показали, что распространение знаний способствует возникновению творческих реакций и, следовательно, приводит к увеличению темпов внедрения технологических инноваций [9].

Модель социальных последствий от внедрения инноваций в виртуальной исследовательской среде

Попытка прогнозирования развития научного сообщества была предпринята в работе [27], посвящённой социальным последствиям от внедрения инноваций в виртуальной исследовательской среде, согласно которой происходящие изменения в научной среде и исследовательской практике благодаря Интернету имеют потенциал для повышения качества как когнитивных, так и социальных аспектов в науке и технике. Новые виды результатов исследований, способы научной коммуникации и новые механизмы циркуляции знаний, а также расширенные возможности для повторного использования результатов в сочетании с новыми подходами к оценке результатов исследований, оказывают глубокое воздействие на социальную систему науки.

В разрезе модели научная среда функционирует как система со специализацией и разделением труда между ее научными агентами (исследователями). Агенты-ученые используют систему разделения труда для взаимодействия, а также генерации новых знаний. При этом агенты-ученые не конкурируют за распределение информационных ресурсов, то есть знания в модели сами по себе являются неконкурентными благами. Агенты имеют возможность использовать любые ресурсы научных знаний практически бесплатно – им не нужно осуществлять обмен с другими агентами для личного научно-производственного процесса.

Второй тип агентов в модели выполняет функцию финансирования научных исследований путем сбора данных о репутации агентов-ученых и распределения ограниченного вознаграждения (денег) за научный труд в соответствии с репутационными рангами. В простом случае руководители исследований могут быть классифицированы как агенты, ответственные

за финансирование. В более общем случае менеджерами могут являться агенты другого типа со своими собственными правилами поведения. Последним типом агентов в модели являются издатели, которые отвечают за получение репутационных данных путем обработки результатов деятельности агентов-ученых.

В модели агенты-ученые имеют возможность выбирать ресурсы для собственного производственного процесса, при этом для получения научного результата они должны формировать связи между научными результатами и выбранными ресурсами. При этом данные об этих связях могут быть доступны для других агентов. Моделью предусмотрен сбор статистики о взаимодействиях между агентами, которые произошли в момент «общения» с другими агентами и / или в результате появления новых инновационных продуктов.

Необходимо совершенствовать инструменты агентного моделирования, чтобы понять, как возможна интеграция механизмов научного познания в работу сложных сетевых структур путем идентификации и связывания объектов исследования. Важно отметить, что исследования с помощью компьютерного имитационного моделирования позволяют выявить возможные социальные эффекты от использования различных данных и подходов к оценке исследовательских программ [27].

Модель государственного регулирования научно-технического прогресса

В исследовании [8], посвященном оценке эффектов государственной политики в области НИОКР, приводится иллюстрация поведенческой структуры и вычислительной логики предложенной модели, затем предлагается имитационный эксперимент, в котором осуществляется эффект общего уровня НИОКР при фиксированном объеме государственной поддержки, а также анализируется топология сети компаний. Разработанная модель направлена на изучение всплесков инновационной активности в сетевой структуре, имитирующей научное сообщество, а также позволяет оценить действия государственных органов, оказывающих влияние на научное сообщество с помощью выделения грантов и субсидий [23]. Проведенный имитационный эксперимент показал, что высокий уровень кластеризации агентов, скорее всего, сопровождается уменьшением медианы общей производительности НИОКР. Поскольку особенность НИОКР фирмы (т. е. часть общих НИОКР, не зависящая от побочных эффектов) несколько увеличивается, можно заключить, что положительные эффекты межфирменных

побочных эффектов при наличии заданного объема поддержки оказывают значительное влияние в рамках менее централизованных сетей. Это может поставить под сомнение вывод, предполагающий, что более крупные внешние эффекты НИОКР должны с большей вероятностью возникать, когда несколько компаний-победителей получают поддержку [8].

Модель обратной связи между государственными органами и научными сообществами

Другая имитационная модель, представленная в работе исследователей из Южной Кореи [21], учитывает обратные связи между государственными органами и научным сообществом, которые проявляются в виде горизонтальных потоков информации между учреждениями. При этом, у государства есть стремление снизить объем инвестирования в сферу науки и образования. Это приводит к тому, что государственные учреждения отказываются от автономии. Вследствие этого возникают дополнительные внешние угрозы. Разработанная агент-ориентированная модель с использованием программного обеспечения «Blanche» наглядно продемонстрировала, как государственные учреждения могут автономно и интерактивно строить, стандартизировать и управлять совместимыми ИТ-системами, используемыми в научных организациях. Государственные учреждения представлены в модели в виде популяции агентов, и каждое такое учреждение выполняет свои собственные функции и задачи. При этом, для отслеживания воздействия гетерогенных систем на совместное решение задач агентами-учреждениями используется производственная функция. Между учреждениями возникают следующие характеры взаимодействия:

- сходство;
- взаимность;
- центральность;
- приоритетность миссии;
- взаимозависимость;
- транзитивность.

В ходе взаимодействия агентов-учреждений между собой используются вышеперечисленные шесть механизмов в различных интерпретациях. В модели представлены пять вариантов альтернативной политики, которые были сформированы в процессе использования трех заданных функций – формирование портфеля инвестиций в ИТ, стандартизация и межучрежденческая деятельность.

Результаты моделирования показали, что низкий уровень инвестиций в эти системы

значительно улучшает функциональную совместимость агентов. Таким образом, стандартные системы могут существенно расширить возможности сетевых взаимодействий, не требуя радикальных изменений в области централизованного управления между государственными учреждениями [3,21].

В связи с тем, что отбор исследований происходит на конкурсной основе, такая форма распределения средств всегда влечет к растущему недовольству со стороны ученых, чьи проекты не смогли получить поддержку. Как результат, некоторые действительно важные проекты остаются без финансирования и перестают существовать. Экспертная оценка широко распространена в современной науке. Однако, несмотря на то, что существует множество аргументов в пользу такого метода отбора как самого эффективного и необходимого компонента в науке, экспоненциальный рост исследовательского сообщества, давление на «количественную гонку» публикаций и растущую незащищенность от заимствований, а также конкуренция за исследовательские гранты, привели к увеличению числа сторонников, описывающих слабые стороны такого подхода. Одним из наиболее частых обвинений в адрес системы экспертного обзора является аргумент в пользу того, что она препятствует подлинным инновациям. Наличие более совершенных инструментов интеллектуального анализа данных позволяет заинтересованным сторонам в принципе контролировать многие аспекты процесса и способствовать лучшему пониманию взаимодействия различных факторов. В работе [28] была предпринята попытка теоретического осмысления некоторых аспектов процесса отбора перспективных исследовательских проектов с помощью идеализированной агент-ориентированной модели, описывающей эффекты экспертной оценки, проводимой «несовершенными» агентами, обладающими эгоистическими стимулами. Результаты модели позволили прийти к выводу, что проведение экспертиз нуждается в тщательном мониторинге для борьбы с их негативными последствиями.

Экспертная оценка в области финансирования науки является неотъемлемой частью любого исследования, которое подается на грант. Значительная часть финансирования исследований и разработок (НИОКР) распределяется через конкурсные программы, в рамках которых сравниваются и оцениваются предложения по исследованиям на предмет их превосходства, ожидаемых результатов и вероятности завершения. Одно из наиболее важных различий в использовании экспертной оценки в конкурентных схемах финансирования по сравнению

с публикацией статей заключается в том, что хорошая статья, отклоненная одним журналом, почти всегда в конечном итоге будет опубликована где-то, тогда как отсутствие грантовой поддержки в большинстве случаев приведет к полному прекращению исследования. Конкурентный характер процесса, обусловленный медленным ростом имеющихся средств (в лучшем случае) и экспоненциальным ростом числа исследователей, делает подготовку предложений и получение грантов вопросом выживания для многих ученых [2, 28].

Модель оценки негативных эффектов от результатов экспертных комиссий

В агент-ориентированной модели [11], разработанной с целью анализа поведенческого фактора ученых при получении негативных оценок от экспертных комиссий, была рассмотрена дилемма сотрудничества с позиции теории игр. Модель позволила оценить, как различные стратегии распределения ресурсов влияют на качество экспертной оценки деятельности ученых, занимающихся одновременно и публикацией своих научных результатов, и рецензированием других работ. Результаты показали, что предвзятость и качество публикаций в значительной степени зависят от мотивации рецензента, в то время как чрезмерная конкуренция может привести к минимизации предвзятости публикаций. В то время как чрезмерная конкуренция может привести к минимизации предвзятости публикаций. Определенный уровень конкуренции способствует обеспечению высокого качества публикаций, особенно когда ученые осуществляют рецензирование на основании мотивов взаимопомощи.

В представленной модели была выдвинута гипотеза о различных поведенческих стратегиях ученых и манипуляциях в институциональной среде. Для «поведенческих стратегий» использовались правила для принятия решений о распределении ресурсов, которые ученые могли бы получить, выбирая между «инвестированием» в собственные труды или в рецензирование. Под «институциональной установкой» подразумевается определенный набор стимулов, обеспечиваемых научной политикой или рыночными механизмами, которые формируют и ограничивают поведение ученых. С целью проведения сценарных экспериментов для расчета кумулятивных скользящих средних значений смещения оценок качества публикаций (рисунок 4) было выполнено более 100 запусков для каждой комбинации поведенческих стратегий и институциональных условий, при этом для каждого повторения в модели предусмотрено 500 шагов, которые агенты проходят при каждом прогоне.

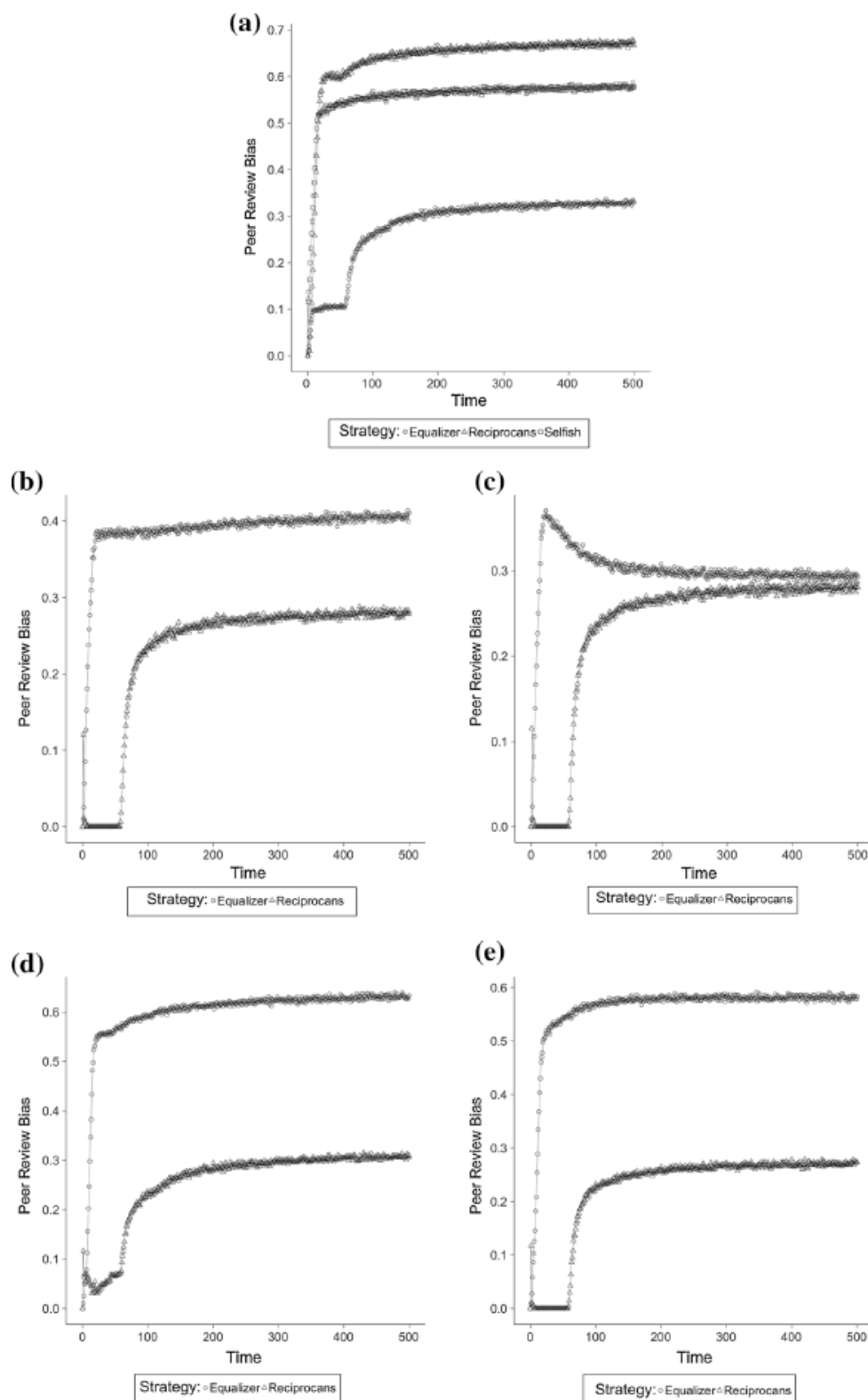


Рисунок 4. Эволюция смещения оценок во времени для каждого сценария институциональной среды (результаты усреднены): *a* – нет сопоставления; *b* – стремление к публикации – объективная самооценка; *c* – стремление к публикации – самоуверенная самооценка; *d* – стремление к получению результатов – объективная самооценка; *e* – стремление к получению результатов – самоуверенная самооценка [11]

Figure 4. Evolution of evaluation bias over time for each institutional setting (results averaged over 100 repetitions for each scenario): *a* – no comparison; *b* – strive for publication – objective self-evaluation; *c* – strive for publication – overconfident self-evaluation; *d* – strive for excellence – objective self-evaluation; *e* – strive for excellence – overconfident self-evaluation [11]

Результаты существенно изменились, когда авторы предположили, что агенты корректировали свои усилия на основе среднего качества опубликованных работ. В этом случае влияние стратегий ученых на предвзятость оценок было обратным. Отклонение, генерируемое уравнилельной стратегией, увеличилось до 40,56%, в то время как предположение о возвратно-поступательной стратегии значительно уменьшило его, таким образом генерируя наименьшее общее отклонение (27,86%).

Стратегия выравнивания обеспечила высокое качество публикации, хотя и меньшее, чем в предыдущем случае. В то время как стратегия возвратно-поступательного движения продемонстрировала худшие качественные показатели по всем сценариям. Это было вызвано тем, что при указанной стратегии агенты-авторы с меньшей вероятностью выделяли ресурсы на проверку качества своих работ. Некачественные рецензии, в свою очередь, негативно сказались на среднем качестве публикуемых работ, поскольку значительное количество высококачественных работ было несправедливо отклонено. Интересно, что в целом благодаря высокому уровню рецензирования были подготовлены некоторые очень качественные работы, которые не были подвержены необъективным рецензиям. С другой стороны, склонность возвратно-поступательных агентов к более справедливому распределению своих усилий изначально устраняла любую предвзятость. Показатель предвзятости начал незначительно возрастать в момент, когда агенты стали снижать свои усилия, направленные на рецензирование. Тем не менее, общее несбалансированное распределение ресурсов на рецензирование привело к получению наихудшего значения показателя среднего качества опубликованных работ по всем сценариям.

Предположение о чрезмерной самоуверенности агентов смягчало воздействие стратегий на предвзятость оценки, но приводило к получению значительно отличающихся качественных результатов исследований. Это было вызвано тем, что агенты-авторы с большей вероятностью воспринимали, что их отклоненные статьи были более высокого качества, чем опубликованные, в результате чего они начали уделять больше внимания рецензированию. Тем не менее, небольшое количество агентов редко испытывали отказы в первый период моделирования, в конечном итоге достигая самых высоких уровней качества работ. Данная группа агентов создала самый высокий результат высшего качества во всех сценариях, что компенсировало более низкие усилия других агентов по рецензированию и поддерживало качество публикации относительно высоким вместе с низкой предвзятостью оценки.

Модель распределения финансирования научных исследований

Дальнейшее развитие исследований в области выявления более совершенного и справедливого способа распределения финансовых средств на научные исследования представлено в работе [7], посвященной агент-ориентированной модели «INFSO-SKIN», разработанной с целью обеспечения генеральной дирекции по информационному обществу и средствам массовой информации Европейской комиссии (DGINFSO – Directorate General for the Information Society and Media) инструментом для предварительной оценки возможных стратегий финансирования в рамках проекта «Horizon 2020». На основе большого набора данных, фиксирующих детали финансируемых проектов, была создана имитационная модель для воспроизведения и оценки стратегий финансирования организаций и проектов, а также результирующих сетевых структур программы «Commission's Framework 7» (FP7). Для решения оценочных вопросов DGINFSO эта модель, экстраполированная в будущее без каких-либо изменений в текущей политике, используется в качестве ориентира для дальнейших экспериментов, основанных на фактических данных. На основе базового сценария были проверены следующие примеры изменений политики:

- что делать, если были внесены изменения в тематический охват программы?
- что делать, если были внесены изменения в инструменты финансирования?
- что было бы, если бы были внесены изменения в общий объем финансирования программы?
- что, если будут внесены изменения в целях расширения участия малых и средних предприятий (МСП)?

Кооперационные процессы в области НИОКР иногда представляют технически сложные иерархические цепочки. Участники таких сетевых структур участвуют в совместной исследовательской и учебной деятельности, результаты которой выражаются в виде публикаций и патентов. Так, в модели агенты в проектных консорциумах случайным образом распределяются по подразделам научных проектов и объединяют свои знания. Каждые три месяца они выпускают «готовый продукт», который может быть изданием или патентом.

Участие малого и среднего предпринимательства (МСП) в модели повышает вероятность возникновения радикальных инноваций. Для этого была предусмотрена возможность обмена конечными результатами между кооперирующимися агентами с целью моделирования процесса передачи знаний (рисунок 5).

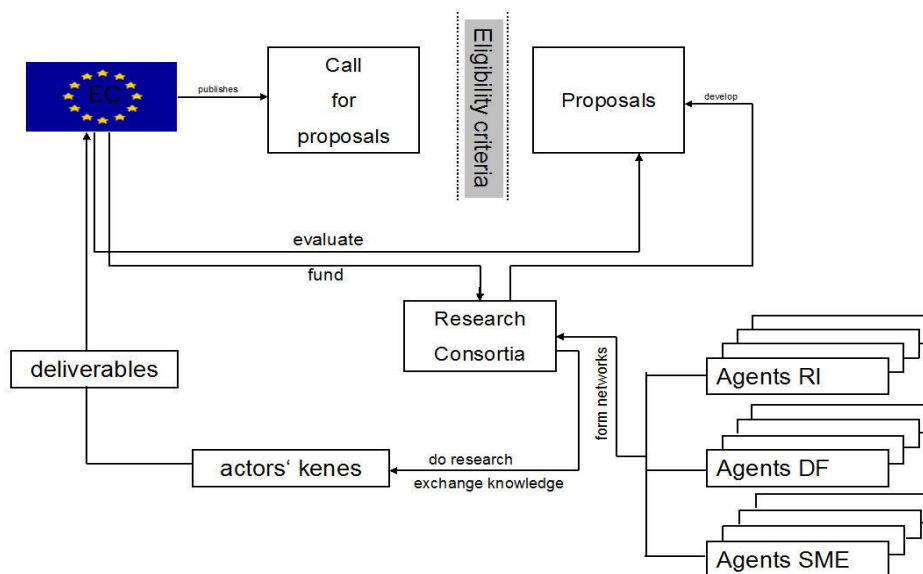


Рисунок 5. Блок-схема кооперационных процессов [7]
Figure 5. A block diagram of the cooperation processes [7]

Результаты обозначенных имитационных экспериментов показали некоторые вероятные сценарии развития политики финансирования проектов в рамках программы «Horizon 2020» [7].

Коммерческая составляющая агентного подхода постепенно набирает обороты и используется в организациях, которые ставят перед собой задачу увеличения прибыли.

Моделирование, как и любая наука, развивается за счет получения новых открытий и знаний. Именно инновационные преобразования в области моделирования продвигают эту науку с появлением новых вычислительных методов.

Разработка методов и стратегий для обоснованного анализа научно-инновационной политики критически важна для способности каждой страны извлекать выгоду из инвестиций в НИОКР. Для более глубокого понимания сложных социальных процессов, влияющих на рост и формирование научных направлений, а также развитие с течением времени разнородной рабочей силы, необходим системный и целостный подход. В работе представлена агент-ориентированная модель и рассмотрена исследовательская программа по разработке сложных адаптивных систем для упрощения изучения стимулов, стратегий, мобильности и стабильности научно обоснованной инновационной экосистемы при одновременном изучении способов поддержания устойчивости различных научных организаций [31].

Предлагаемые стратегии строятся и расширяются на основе агент-ориентированного моделирования и имитационных исследований, которые включают такие процессы, как образование и мобильность в глобальных научных сообществах. Популяционные модели должны исследовать факторы и вычислительные

механизмы, которые могут помочь объяснить изменения во времени различных типов агентов.

Построенная модель зарекомендовала свою эффективность в исследовании динамики численности населения, которая могла бы объяснить динамику изменений на рынке труда. Развитие имитационного подхода позволяет в перспективе обнаруживать наиболее вероятные экзогенные и эндогенные факторы, объясняющие наблюдаемые эмпирические данные (рисунок 6). В частности, агентное моделирование позволяет воспроизвести историческую динамику роста численности рабочей силы, а также демографические изменения.

Дальнейшие перспективы моделирования должны быть направлены на совершенствование политики по сохранению устойчивости рынка труда, в том числе в сфере науки. Эти усилия могли бы привлечь внимание к основополагающей динамике, которая создает творческую и разнообразную научно обоснованную инновационную экосистему, помочь выявить вопросы, которые предполагают дальнейшие исследования, и стимулировать сбор данных, необходимых для ответа на них. Предлагаемые стратегии строятся и расширяются на основе агентного моделирования и имитационных исследований, которые включают пограничные процессы, такие как обучение, инновации и мобильность в глобальных научных сообществах [22, 31].

Несмотря на то что научно-исследовательские проекты зачастую направлены на решение стратегических государственных задач, в настоящее время повышается спрос в НИОКР и со стороны коммерческих организаций. В связи с этим рассмотрим агент-ориентированные модели, имитирующие процесс распространения инноваций в частном секторе экономики.

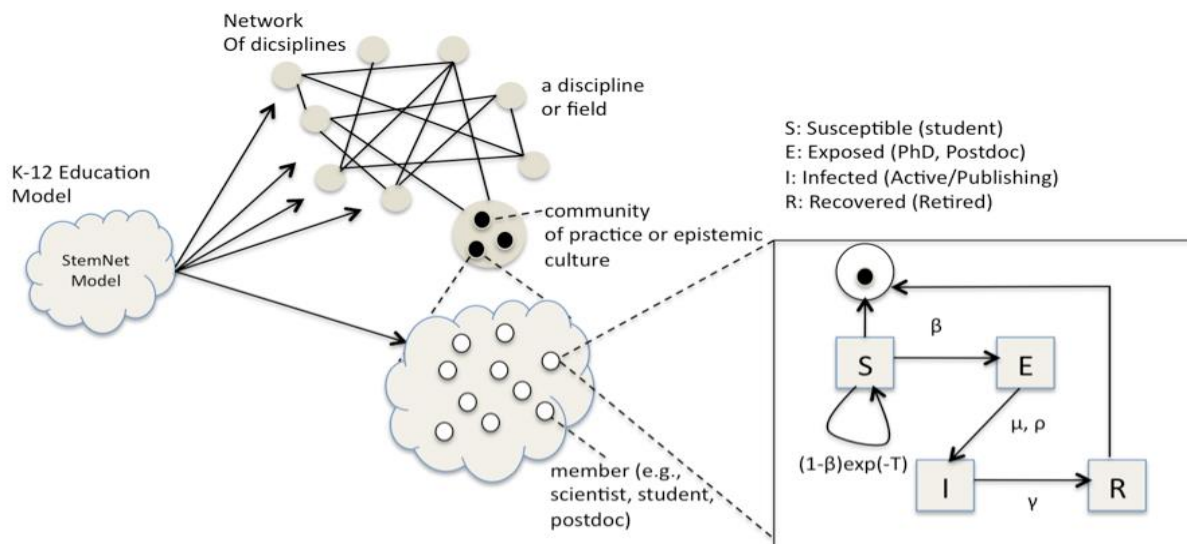


Рисунок 6. Модель сетевой инновационной экосистемы [31]

Figure 6. Scientific Discourse as a Network of SEIR Models [31]

Модель инновационного развития отраслей

Имитационная модель, связанная с динамикой развития отрасли по управлению инновациями и НИОКР, была разработана с целью оценки динамики научно-технического прогресса в различных отраслях экономики [26]. Отрасли в модели рассматриваются как совокупность организаций и потребителей, а агрегированное поведение формируется вследствие решений, принимаемых отдельными фирмами. Фирмы обладают набором ресурсов и возможностей. Наиболее актуальными являются: совокупный капитал, активы, максимальные производственные мощности и тенденции инвестиций в исследования и разработки (НИОКР). Фирмы преследуют экономическую цель, в частности рентабельность активов, которая тесно связана с дивидендной политикой. Стратегические решения организаций – это модели инвестирования

в процессные и продуктовые инновации, а также решение остаться или уйти из отрасли. При этом агентами-потребителями формируются групповые запросы на два типа продуктов: новые и старые.

В процессе выполнения модели происходит реализация двух типов продуктов. Один из них «Old good» связан с устаревшей технологией. Другой «New good» является более новым и технологически превосходящим. Когда инновационные проекты фирм увенчаются успехом, новый продукт становится востребованным, а самый устаревший продукт исчезает. Таким образом, происходит постепенное устаревание произведенных продуктов. При этом, продукты и технологии связаны между собой, причем каждый продукт изготавливается с использованием различных технологий (рисунок 7).

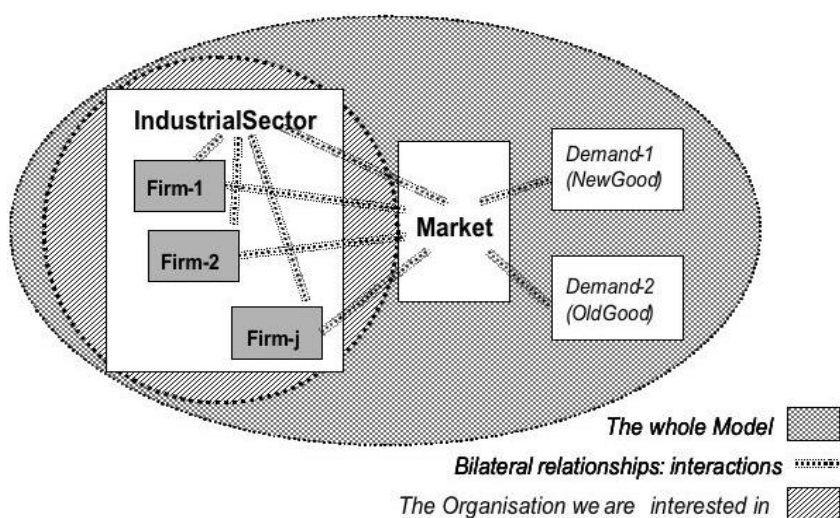


Рисунок 7. Структура модели управления инновациями и НИОКР [26]

Figure 7. Structure of innovation and R&D management model [26]

В каждом секторе, благодаря общим отраслевым расходам на НИОКР и взаимосвязям с другими секторами, в каждый момент времени имеется портфель инновационных проектов, которые могут быть разработаны фирмами. Эти проекты называются технологией, и каждый из них имеет числовой код. Технические особенности этих проектов зависят от состояния науки и технологий, имеющих отношение

к промышленному сектору. Но в любом случае, чтобы проект был успешным и получил широкое признание в отрасли, необходимо выполнить два условия. Во-первых, фирма должна инвестировать достаточно денег, чтобы иметь возможность развивать его. Во-вторых, промышленность будет принимать проекты только с достаточной инновационной составляющей (рисунок 8).

The Innovation Process

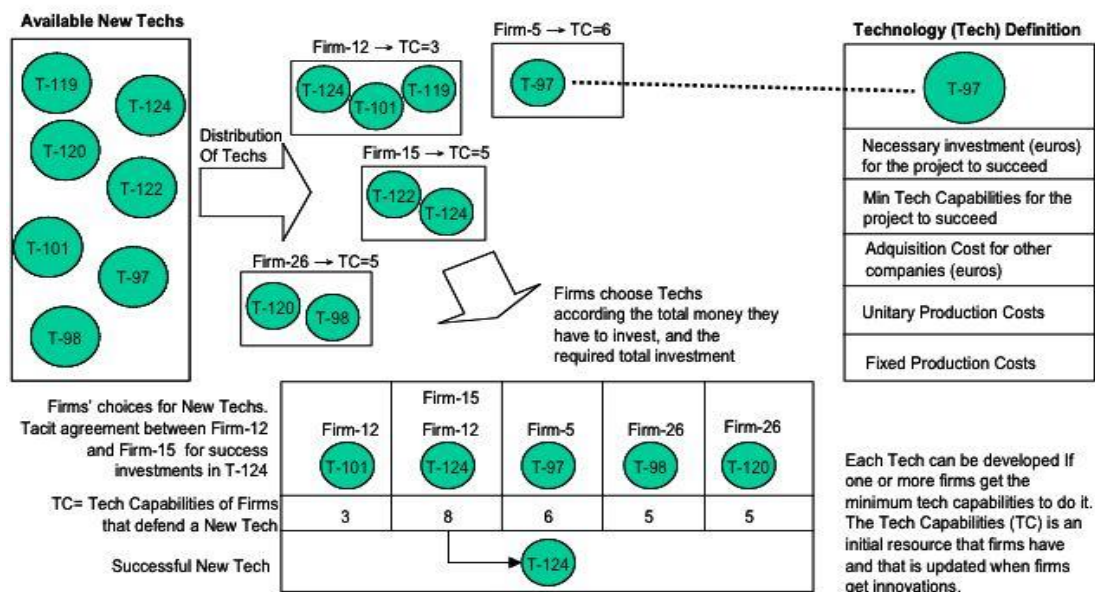


Рисунок 8. Архитектура инновационного процесса в модели [26]

Figure 8. The architecture of the innovation process in the model [26]

В модели возникают ситуации блокировки и зависимости агентов от выбранного пути. Ранний успех инвестиций в НИОКР позволяет фирмам сохранять разрыв между конкурентами в освоении новых технологий, которым трудно его сократить, даже если они тратят большой объем финансовых средств на НИОКР. В то же время у компаний-лидеров нет никакой гарантий долгосрочного успеха, поскольку другие фирмы, реализующие быстрые стратегии, могут захватить более высокую долю рынка, если они имеют достаточно финансовых и кадровых ресурсов для улучшения своих производственных технологий. В модели используются схемы «одобрения Кознов» для моделирования когнитивного обучения фирм. Эта методология основана на теории когнитивной науки и позволяет моделировать обучение путем исследования, использования и имитации знаний [30].

Исследованием были учтены идеи из эволюционной экономики в контексте жизненного цикла продукта для объяснения и воспроизведения основных наблюдаемых фактов в динамике

жизненного цикла инновационной продукции с точки зрения роста и падения действующих фирм, коэффициентов концентрации, расходов на НИОКР и траектории развития отрасли. Таким образом, была показана полезность мультиагентных систем в промышленном эволюционном моделировании и оценке политики [3, 26].

Модель инновационных рынков сбыта

В исследовании, посвященном вопросу коммерческой составляющей использования инноваций на рынках сбыта [24], используются алгоритмы взаимосвязи занятости и инноваций, а также изучается эффект сокращения рабочих мест ввиду их замещения автоматическими системами и внедрения новых технологий. Хотя влияние инноваций на занятость уже несколько лет является спорным вопросом, эта экономическая задача особенно актуальна в настоящее время. В современном мире огромное количество технологических достижений угрожают разрушить рынок труда, поскольку они могут значительно автоматизировать труд работников.

Таким образом, в работе было представлено качественное исследование динамики, лежащей в основе взаимосвязи между инновациями и занятостью, с использованием агент-ориентированного подхода.

Ее наполнение количественными эмпирическими данными позволит в перспективе получить количественные результаты в части прогноза будущих уровней занятости в обществе.

Итак, в модели, разработанной с помощью языка «Python», среда, представляющая экономику, населена фирмами, способными осуществлять либо продуктовые инновации (ведущие к открытию новых задач, требующих человеческого труда), либо процессные инновации (ведущие к автоматизации задач, ранее выполненных человеком). Проведенный анализ позволил сделать три вывода, справедливых в данном контексте.

Первый вывод заключается в том, что уровень занятости в экономике зависит от потенциала автоматизации задач и типа инноваций, выполняемых фирмами (при этом продуктовые инновации оказывают положительное влияние на занятость, а процессные инновации – отрицательное). Во-вторых, в модели была выявлена склонность фирм к производству готовой продукции и процессным инновациям. Таким образом, потенциал автоматизации задач приводит к стабилизации уровня занятости в экономике в целом. Третий вывод заключается в том, что более высокие уровни технологических инноваций и более низкий уровень инновационности продуктов приводят к более интенсивному снижению доли заработной платы, а также к более широкому разрыву между ростом производительности труда работников и ростом заработной платы [24].

Результаты

Обзор имитационных моделей в приложении к научно-техническому развитию, реализации НИОКР и поддержанию инновационного потенциала позволяет сделать вывод об эффективности агент-ориентированного подхода в данной области. Успешность применения данного инструмента подтверждается наличием множества разработок отечественных и зарубежных исследователей, которые позволяют проводить детальную оценку эффективности принимаемых решений государственными органами власти, использовать механизмы прогнозирования ситуаций на основе исходных данных и т. д.

В моделях зарубежных авторов продемонстрированы выводы на основе прогнозных сценариев и сформированы отчетные таблицы, где можно ознакомиться с итоговыми данными, полученными после калибровки моделей.

Этот универсальный инструмент можно назвать наиболее подходящим для проведения исследований благодаря:

- возможности обеспечения быстрого перехода от мономодели к мультимодели;
- способности агентов к рациональности и обучаемости;
- обеспечению максимальной реалистичности;
- наличию удобного интерфейса для визуализации экспериментов и проведения сценарных экспериментов;
- возможности проведения имитационных расчетов при различных заданных параметрах;
- применимости в использовании при управлении крупномасштабными объектами основанными на принципах самоорганизации, сетевой структуры;
- использованию интуитивно понятных правил взаимодействия между агентами, позволяющих получить достоверные результаты.

Таким образом, агент-ориентированное моделирование становится все более эффективным и востребованным инструментом, а его многофункциональность позволяет формировать объективные выводы на основе сценарных экспериментов.

Обсуждение

В связи с наличием большого числа различных платформ для разработки агент-ориентированных моделей, в работе была приведена информация о наиболее часто используемых программных средствах, которые, тем не менее, обладают собственными недостатками, и требуют дальнейшего совершенствования.

Исследователи также отмечают, что существует совсем небольшое количество площадок для демонстрации возможностей инструмента агентных моделей. Агент-ориентированные модели очень активно популяризируются в мире для проведения экспериментов, а мероприятий для проведения открытых дискуссионных форумов мало. Для устранения данной проблемы требуется наращивание популярности использования этого эффективного инструмента.

Проведенные в работе анализ и обзор существующей методологии социального моделирования с использованием агент-ориентированного подхода в приложении к научно-техническому развитию, реализации НИОКР и поддержанию инновационного потенциала показали, что модели, отличающиеся сложными многоуровневыми процессами и взаимодействиями агентов, обладают более емкими программными конструкциями, которые зависят в большей степени от «тонкой» настройки самих агентов. Такие модели могут содержать и использовать объемный набор данных и в области экономических исследований,

как правило, направлены на анализ и прогнозирование различных социально-экономических процессов на макроуровне.

Заключение

Социальное моделирование с применением имитационного подхода является эффективным инструментом для достижения научных и государственных целей, поскольку может отражать поведение и взаимодействие организмов, человеческих субъектов и институтов. Для изучения сложных социальных систем уже широко используются агент-ориентированные модели (АВМ). Однако, в связи с трудностью параметризации и анализа их полезность иногда оказывается ограниченной. Настало время критически осмыслить современное состояние исследований, чтобы оценить, в какой степени потенциал агентного моделирования можно использовать для получения общей информации и поддержки принятия конкретных управленческих решений. Для этого на основе практики моделирования в областях научно-технического развития, реализации НИОКР и поддержания инновационного потенциала, в работе были рассмотрены достигнутые результаты и возникшие проблемы, связанные с разработкой соответствующих агент-ориентированных моделей. С целью преодоления возникающих проблем необходимы совместные усилия сообщества разработчиков моделей по содействию, развитию и использованию таких стратегий, как подходы на основе широкого участия, стандартные протоколы для обмена информацией, обмен исходным

кодом, а также инструменты и стратегии для разработки и анализа моделей. Таким образом, могут быть достигнуты позитивные результаты в процессе создания новой передовой методологии проектирования агент-ориентированных моделей, которая позволит более эффективно развивать общую теорию и практические решения в данной области [6, 29].

Агент-ориентированные модели являются естественным и перспективным инструментом для улучшения понимания и повышения способности прогнозировать и успешно управлять накопленными технологическими и информационными данными. В связи с этим, агентное моделирование широко используется для представления и анализа структурных изменений в области научно-технического развития. Ключевой вывод работы состоит в том, что агентный подход следует рассматривать не только в качестве эвристического инструмента для изучения различных явлений, получения системного понимания и проверки гипотез, но и в качестве инструмента управления и поддержки принятия решений для конкретных тематических исследований [5, 13, 28].

Благодарности

Исследование выполнено по программе фундаментальных исследований РАН «Многофакторные вызовы и риски перехода к новому этапу научно-технологического и экономического развития России: фундаментальные и прикладные проблемы».

Литература

- 1 Абрамов В.И., Евдокимов Д.С. Разработка комплекса агент-ориентированных моделей системы государственных закупок стран Евразийского континента // Проблемы теории и практики управления. 2019. С. 15–23.
- 2 Дьячук П.П., Дьячук П.П., Карабалыков С.А., Шадрин И.В. Диагностика неустойчивых когнитивных состояний активных агентов // Нейроинформатика-2016: сборник научных трудов: в 3 частях. М.: Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", 2016. С. 259–270.
- 3 Коголовский М.Р., Калинин Л.А. Концептуальное и онтологическое моделирование в информационных системах // Программирование. 2009. Т. 35. № 5. С. 3–25.
- 4 Макаров В.Л., Бахтизин А.Р. Социальное моделирование – новый компьютерный прорыв. Агенториентированные модели. М.: Экономика, 2013. 295 с.
- 5 Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д., Абрамов В.И. Компьютерное моделирование в управлении экономикой (методологическая основа для стратегического планирования) // Государственный аудит. Право. Экономика. 2017. № 3.
- 6 Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика. М.: Эдиториал УРСС, 2002. 352 с.
- 7 Ahrweiler P., Schilperoord M., Pyka A., Gilbert N. Modelling Research Policy: Ex-Ante Evaluation of Complex Policy Instruments // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2015. V. 18 (4). № 5. doi: 10.18564/jasss.2927
- 8 Angelini A., Cerulli G., Cecconi F., Miceli A. et al. R&D Subsidization Effect and Network Centralization: Evidence from an Agent-Based Micro-Policy Simulation // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2017. V. 20 (4). № 4. doi: 10.18564/jasss.3494
- 9 Antonelli C., Ferraris G. Innovation as an Emerging System Property: An Agent Based Simulation Model // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2011. V. 14 (2). № 1.
- 10 Bousquet F., Trébuil G., Hardy B. Companion Modeling and Multi-Agent Systems for Integrated Natural Resource Management in Asia Los Bacos (Philippines). International Rice Research Institute. 2005. 360 p.
- 11 Bianchi F., Grimaldo F., Bravo G., Squazzoni F. The peer review game: an agent-based model of scientists facing resource constraints and institutional pressures. Springer, 2018. doi: 10.1007/s11192-018-2825-4
- 12 Brinner R. The 1985 DRI Model: An Overview, in Data Resources Review of the US Economy. Lexington, 1985.
- 13 Epstein J., Axtell R. Growing Artificial Societies: Social Science From the Bottom Up. Washington, D.C.: MIT Press / Brookings Institution, 1996.
- 14 Goldspink C. Methodological Implications Of Complex Systems Approaches to Sociality: Simulation as a foundation for knowledge // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2002. V. 5. № 1.

- 15 Goto Y., Takeuchi I., Kakumoto S. Integrated earthquake disaster simulation systems for the highly networked information society // Proc. of the 13th World Conference on Earthquake Engineering. Vancouver, 2004. P. 2793. URL: http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/13_2793.pdf
- 16 Gilbert N., Pyka A., Ahrweiler P. Innovation Networks – A Simulation Approach // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2001. V. 4. № 3.
- 17 Haag G., Liedl P. Modelling and Simulating Innovation Behaviour within Micro-based Correlated Decision Processes // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2001
- 18 Haydari S., Smead R. Does Longer Copyright Protection Help or Hurt Scientific Knowledge Creation? // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2015. V. 18 (2). № 23. doi: 10.18564/jasss.2720
- 19 Janssen A., Alessa L., Barton M., Bergin S. et al. Towards a Community Framework for Agent-Based Modelling // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2008
- 20 Kravari K., Bassiliades N. A Survey of Agent Platforms // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2015. doi: 10.18564/jasss.2661
- 21 Lee S. Simulation of the Long-Term Effects of Decentralized and Adaptive Investments in Cross-Agency Interoperable and Standard IT Systems // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2010. V. 13 (2). № 3. doi: 10.18564/jasss.1488
- 22 Law A.M., Kelton W.D. Simulation Modeling and Analysis. New York: McGraw-Hill, 1991.
- 23 Monticino M.G., Brooks E., Cogdill T., Acevedo M. et al. Applying a Multi-Agent Model to Evaluate Effects of Development Proposals and Growth Management Policies on Suburban Sprawl // Proc. of the International Environmental Modelling and Software Society, Summit on Environmental Modelling and Software. Burlington, 2006. URL: http://www.math.unt.edu/~monticino/papers/multi-agent_development.pdf
- 24 Neves F., Campos P., Silva S. Innovation and Employment: An Agent-Based Approach // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2019. V. 22 (1). № 8. doi: 10.18564/jasss.3933
- 25 Pajares J., Hernández-Iglesias C., López-Paredes A. Modelling Learning and R&D in Innovative Environments: a Cognitive Multi-Agent Approach // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2004. V. 7. № 2.
- 26 Pajares J., López A., Hernández C. Industry as an Organisation of Agents: Innovation and R&D Management // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2003. V. 6. № 2.
- 27 Parinov S., Neylon C. Science as a Social System and Virtual Research Environment // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2011. V. 14 (4). № 10. doi: 10.18564/jasss.1835
- 28 Sobkowicz P. Innovation Suppression and Clique Evolution in Peer-Review-Based, Competitive Research Funding Systems: An Agent-Based Model // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2015. V. 18 (2). № 13. doi: 10.18564/jasss.2750
- 29 Schulze J., Müller B., Groeneveld J., Grimm V. Agent-Based Modelling of Social-Ecological Systems: Achievements, Challenges, and a Way Forward // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2017. V. 20 (2). № 8. doi: 10.18564/jasss.3423
- 30 Tsekeris T., Vogiatzoglou K. Multi-Regional Agent-Based Economic Model of Household and Firm Location and Transport Decisions // Proc. of the 10th STRC Swiss Transport Research Conference. Monte Verita, 2010. URL: <http://www.strc.ch/conferences/2010/Tsekeris.pdf>
- 31 Yilmaz L. Toward Multi-Level, Multi-Theoretical Model Portfolios for Scientific Enterprise Workforce Dynamics // Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2011. V. 14 (4). № 2. doi: 10.18564/jasss.1853

References

- 1 Abramov V.I., Evdokimov D.S. Development of a complex of agent-based models of the public procurement system of the countries of the Eurasian continent. Problems of management theory and practice. 2019. pp. 15–23. (in Russian).
- 2 Dyachuk P.P., Dyachuk P.P., Karabalykov S.A., Shadrin I.V. Diagnosis of unstable cognitive states of active agents. Neuroinformatics 2016: collection of scientific papers: in 3 parts. Moscow, National Research Nuclear University MEPhI, 2016. pp. 259–270. (in Russian).
- 3 Kogalovsky M.R., Kalinichenko L.A. Conceptual and ontological modeling in information systems. Programming. 2009. vol. 35. no. 5. pp. 3–25. (in Russian).
- 4 Makarov V.L., Bakhtizin A.R. Social modeling is a new computer breakthrough. Agent-based models. Moscow, Economics, 2013. 295 p. (in Russian).
- 5 Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Sushko E.D., Abramov V.I. Computer simulation in economic management (methodological basis for strategic planning). State audit. Right. Economy. 2017. no. 3. (in Russian).
- 6 Tarasov V.B. From multi-agent systems to intelligent organizations: philosophy, psychology, computer science. Moscow, Editorial URSS, 2002. 352 p. (in Russian).
- 7 Ahrweiler P., Schilperoord M., Pyka A., Gilbert N. Modelling Research Policy: Ex-Ante Evaluation of Complex Policy Instruments. Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2015. vol. 18 (4). no. 5. doi: 10.18564/jasss.2927
- 8 Angelini A., Cerulli G., Cecconi F., Miceli A. et al. R&D Subsidization Effect and Network Centralization: Evidence from an Agent-Based Micro-Policy Simulation. Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2017. vol. 20 (4). no. 4. doi: 10.18564/jasss.3494
- 9 Antonelli C., Ferrarish G. Innovation as an Emerging System Property: An Agent Based Simulation Model. Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2011. vol. 14 (2). no. 1.
- 10 Bousquet F., Trébuil G., Hardy B. Companion Modeling and Multi-Agent Systems for Integrated Natural Resource Management in Asia Los Bacos (Philippines). International Rice Research Institute. 2005. 360 p.
- 11 Bianchi F., Grimaldo F., Bravo G., Squazzoni F. The peer review game: an agent-based model of scientists facing resource constraints and institutional pressures. Springer, 2018. doi: 10.1007/s11192-018-2825-4
- 12 Brinner R. The 1985 DRI Model: An Overview, in Data Resources Review of the US Economy. Lexington, 1985.
- 13 Epstein J., Axtell R. Growing Artificial Societies: Social Science From the Bottom Up. Washington, D.C., MIT Press / Brookings Institution, 1996.
- 14 Goldspink C. Methodological Implications Of Complex Systems Approaches to Sociality: Simulation as a foundation for knowledge. Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2002. vol. 5. no. 1.
- 15 Goto Y., Takeuchi I., Kakumoto S. Integrated earthquake disaster simulation systems for the highly networked information society. Proc. of the 13th World Conference on Earthquake Engineering. Vancouver, 2004. pp. 2793. Available at: http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/13_2793.pdf
- 16 Gilbert N., Pyka A., Ahrweiler P. Innovation Networks – A Simulation Approach. Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2001. vol. 4. no. 3.

- 17 Haag G., Liedl P. Modelling and Simulating Innovation Behaviour within Micro-based Correlated Decision Processes. Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2001.
- 18 Haydari S., Smead R. Does Longer Copyright Protection Help or Hurt Scientific Knowledge Creation? Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2015. vol. 18 (2). no. 23. doi: 10.18564/jasss.2720
- 19 Janssen A., Alessa L., Barton M., Bergin S. et al. Towards a Community Framework for Agent-Based Modelling. Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2008
- 20 Kravari K., Bassiliades N. A Survey of Agent Platforms. Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2015. doi: 10.18564/jasss.2661
- 21 Lee S. Simulation of the Long-Term Effects of Decentralized and Adaptive Investments in Cross-Agency Interoperable and Standard IT Systems. Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2010. vol. 13 (2). no. 3. doi: 10.18564/jasss.1488
- 22 Law A.M., Kelton W.D. Simulation Modeling and Analysis. New York: McGraw-Hill, 1991.
- 23 Monticino M.G., Brooks E., Cogdill T., Acevedo M. et al. Applying a Multi-Agent Model to Evaluate Effects of Development Proposals and Growth Management Policies on Suburban Sprawl. Proc. of the International Environmental Modelling and Software Society, Summit on Environmental Modelling and Software. Burlington, 2006. Available at: http://www.math.unt.edu/~monticino/papers/mult-agent_development.pdf
- 24 Neves F., Campos P., Silva S. Innovation and Employment: An Agent-Based Approach. Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2019. vol. 22 (1). no. 8. doi: 10.18564/jasss.3933
- 25 Pajares J., Hernández-Iglesias C., López-Paredes A. Modelling Learning and R&D in Innovative Environments: a Cognitive Multi-Agent Approach. Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2004. vol. 7. no. 2.
- 26 Pajares J., López A., Hernández C. Industry as an Organisation of Agents: Innovation and R&D Management. Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2003. vol. 6. no. 2.
- 27 Parinov S., Neylon C. Science as a Social System and Virtual Research Environment. Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2011. vol. 14 (4). no. 10. doi: 10.18564/jasss.1835
- 28 Sobkowicz P. Innovation Suppression and Clique Evolution in Peer-Review-Based, Competitive Research Funding Systems: An Agent-Based Model. Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2015. vol. 18 (2). no. 13. doi: 10.18564/jasss.2750
- 29 Schulze J., Müller B., Groeneveld J., Grimm V. Agent-Based Modelling of Social-Ecological Systems: Achievements, Challenges, and a Way Forward. Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2017. vol. 20 (2). no. 8. doi: 10.18564/jasss.3423
- 30 Tsekeris T., Vogiatzoglou K. Multi-Regional Agent-Based Economic Model of Household and Firm Location and Transport Decisions. Proc. of the 10th STRC Swiss Transport Research Conference. Monte Verita, 2010. Available at: <http://www.strc.ch/conferences/2010/Tsekeris.pdf>
- 31 Yilmaz L. Toward Multi-Level, Multi-Theoretical Model Portfolios for Scientific Enterprise Workforce Dynamics. Journal of Artificial Societies and Social Simulation. 2011. vol. 14 (4). no. 2. doi: 10.18564/jasss.1853

Сведения об авторах

Владимир И. Абрамов к.э.н., старший научный сотрудник, лаборатория компьютерного моделирования социально-экономических процессов, Центральный экономико-математический институт Российской академии наук, Нахимовский проспект, 47, Москва, 117418, Россия, wladimir.abramov@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5714-2358>

Антон Н. Кудинов к.ф.-м.н., старший научный сотрудник, лаборатория компьютерного моделирования социально-экономических процессов, Центральный экономико-математический институт Российской академии наук, Нахимовский проспект, 47, Москва, 117418, Россия, a.kudinov13@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8300-7061>

Дмитрий С. Евдокимов аспирант, младший научный сотрудник, лаборатория компьютерного моделирования социально-экономических процессов, Центральный экономико-математический институт Российской академии наук, Нахимовский проспект, 47, Москва, 117418, Россия, dimaevd15@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8304-9448>

Вклад авторов

Владимир И. Абрамов консультация в ходе исследования

Антон Н. Кудинов обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Дмитрий С. Евдокимов написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Vladimir I. Abramov Cand. Sci. (Econ.), senior researcher, laboratory of computer modeling of social and economic processes, Central Economics and Mathematics Institute, RAS, Nakhimovsky prospect, 47, Moscow, 117418, Russia, wladimir.abramov@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5714-2358>

Anton N. Kudinov Cand. Sci. (Phys.-Math.), senior researcher, laboratory of computer modeling of social and economic processes, Central Economics and Mathematics Institute, RAS, Nakhimovsky prospect, 47, Moscow, 117418, Russia, a.kudinov13@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8300-7061>

Dmitry S. Evdokimov graduate student, junior researcher, laboratory of computer modeling of social and economic processes, Central Economics and Mathematics Institute, RAS, Nakhimovsky prospect, 47, Moscow, 117418, Russia, dimaevd15@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8304-9448>

Contribution

Vladimir I. Abramov consultation during the study

Anton N. Kudinov review of the literature on an investigated problem

Dmitry S. Evdokimov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 10/07/2019	После редакции 26/07/2019	Принята в печать 10/08/2019
Received 10/07/2019	Accepted in revised 26/07/2019	Accepted 10/08/2019

Значение малого предпринимательства в экономике и факторы, сдерживающие его развитие

Юлия М. Соколинская¹ misterias@mail.ru
Елена А. Колесниченко² ekolesnichenko@live.ru
Кирилл В. Чекудаев¹ chkv1985@mail.ru  0000-0002-1859-5917

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

² Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, ул. Интернациональная, 33, г. Тамбов, 392000, Россия

Аннотация. Сектор малого предпринимательства является неотъемлемым, объективно необходимым элементом любой развитой хозяйственной системы, без которого экономика и общество в целом не могут нормально существовать и развиваться. Хотя показатель любого развитого государства составляют крупные корпорации, а наличие мощной экономической силы (крупного капитала) в значительной мере определяет уровень научно-технического и производственного потенциала, подлинной основой жизни стран с рыночной системой хозяйствования являются малые предприятия как наиболее массовая, динамичная и гибкая форма деловой жизни. Именно в секторе малого предпринимательства создается и циркулирует основная масса национальных ресурсов, которые являются питательной средой для среднего и крупного бизнеса. Высокая приспособляемость и массовый охват практически всех сфер внутреннего рынка страны обеспечивают устойчивость развития экономики и способствуют стабильности политического климата.

Ключевые слова: малое предпринимательство, экономика, устойчивое развитие; факторы, влияющие на развитие

The importance of small business in the economy and the factors constraining its development

Yulia M. Sokolinskaya¹ misterias@mail.ru
Elena A. Kolesnichenko² ekolesnichenko@live.ru
Kirill V. Chekudaev¹ chkv1985@mail.ru  0000-0002-1859-5917

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

² Tambov State University named after GR. Derzhavin, Internatsionalnaya str., 33, Tambov, 392000, Russia

Abstract. The small business sector is an integral, objectively necessary element of any developed economic system, without which the economy and society as a whole cannot normally exist and develop. Although the indicator of any developed state is made up by large corporations, and the presence of a powerful economic force (big capital) largely determines the level of scientific, technical and production potential, the real basis of life for countries with a market-based economic system is small enterprises as the most massive, dynamic and flexible form of business life. It is in the small business sector that the majority of national resources are created and circulate, which are the breeding ground for medium and large businesses. High adaptability and mass coverage of almost all areas of the domestic market of the country ensure the sustainability of economic development and contribute to the stability of the political climate.

Keywords: small business, economics, sustainable development; factors affecting development

Введение

Роль и место малого предпринимательства для национального хозяйства любой отрасли вряд ли можно переоценить. Как показывает практика, большинство предпринимательских структур из среды малого предпринимательства максимально быстро адаптируются к кризисным ситуациям и способны выживать удивительным образом в условиях негативного влияния внешних детерминантов. За счет собственного эффективного развития малый бизнес способен в экономике обеспечить создание новых рабочих мест, расширить имеющийся ассортимент товаров и услуг, создать условия для снижения

социальной напряженности, содействовать увеличению налоговых поступлений.

Кроме того, следует отметить, что структуры малого предпринимательства в основном формируются представителями среднего класса, что свидетельствует о возможности со стороны малого предпринимательства увеличивать долю среднего класса в экономике за счет перехода части населения из недостаточно обеспеченной группы в группу среднего класса. А он, в свою очередь, будет способствовать в национальной экономике укреплению стабильности, эффективности и динамическому развитию всего хозяйства на микро-, мезо- и макроуровне.

Для цитирования

Соколинская Ю.М., Колесниченко Е.А., Чекудаев К.В. Значение малого предпринимательства в экономике и факторы, сдерживающие его развитие // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 360–363. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-360-363

For citation

Sokolinskaya Yu.M., Kolesnichenko E.A., Chekudaev K.V. The importance of small business in the economy and the factors constraining its development. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 360–363. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-360-363

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Уделяя первостепенное значение малому предпринимательству, целесообразно акцентировать внимание на его положительной роли в рациональном использовании ресурсов. Прежде всего следует говорить об эффективном использовании трудовых ресурсов, что определено тем фактом, что значительная часть трудоспособного населения в малом предпринимательстве выступает в роли работодателя.

Малый бизнес позволяет создать равновесные условия в России для интеграции в развивающуюся во всем мире виртуальную экономику. Это связано с тем, что в кризисных условиях функционирования малый бизнес старается наиболее эффективным образом использовать реальные и инновационные средства для развития, что может привлечь крупные стартовые инвестиции для развития виртуальной экономики.

В исследовании мы будем исходить из положения, что обеспечение повышения экономической устойчивости выступает одной из ключевых составляющих развития национальной экономики. И в этой связи следует отметить, что малое предпринимательство играет ключевую роль и в обеспечении экономической устойчивости.

Раскрытию содержания категории «устойчивое развитие малого предпринимательства» посвящено достаточно много исследований и существуют различные интерпретации содержания устойчивого развития. При рассмотрении устойчивости развития малого предпринимательства в экономике мы исходили из следующего.

Во-первых, развитие предполагает повышение значений показателей, характеризующих положительную динамику функционирования малого предпринимательства.

Во-вторых, понятие устойчивости отражает перманентность роста показателей, характеризующих положительные эффекты для определенного сектора экономики, и перманентность снижения показателей, которые характеризуют негативные проявления функционирования малого предпринимательства.

Анализ данных, предоставляемых Федеральной службой статистики и Федеральной налоговой службой, позволил выявить следующие показатели развития малого предпринимательства за 2017 год. Так, за исследуемый период в РФ было зарегистрировано около 6 млн субъектов малого и среднего предпринимательства, в том числе около 2 млн – юридические лица и чуть более 4 млн – индивидуальные предприниматели.

Было отмечено, что в сфере малого предпринимательства занято около 8 млн человек.

Следует отметить, что занятость населения на малых и средних предприятиях составляет порядка 25%. Оборот продукции и услуг, которые производятся и реализуются субъектами малого и среднего предпринимательства в общем объеме оборота продукции и услуг, производимых предприятиями по стране, составляет около 30%.

Следует подчеркнуть тот факт, что оценить динамику развития малого предпринимательства на базе статистических данных сейчас практически невозможно, потому что в 2015 г. постановлением правительства РФ классификация была изменена, и значительная часть предприятий МСП перешла в разряд микропредприятий, а часть средних предприятий была отнесена к малым. С августа 2016 г. финансовым критерием для отнесения предпринимательской структуры к категориям малого или среднего стала не выручка от реализации, а доход от предпринимательской деятельности, определяемый на основании декларации.

Ввиду того что сегодня каждое второе малое предприятие находится в предкризисном или кризисном состоянии, осуществление эффективного превентивного управления малыми предприятиями невозможно без определения внешних и внутренних факторов, влияющих на их неустойчивое функционирование.

В общем виде можно выделить четыре группы причин, сдерживающих развитие и обуславливающих неустойчивое функционирование малого предпринимательства.

Первая – совокупность данных причин можно классифицировать как институциональные, общеэкономические, поскольку они обусловлены спецификой реализуемой экономической политики.

Вторая причина носит ситуационный характер и включает в себя реакцию покупательного спроса на изменение внешних условий. Для современного этапа хозяйствования данная причина проявляется в несоответствии имеющегося покупательного спроса и емкости внутреннего потребительского рынка.

Третья причина связана со сложившейся в национальной экономике системой перераспределительных отношений. Данная причина носит принципиальный характер, так как существующая система налогообложения существенно тормозит предпринимательскую деятельность. Согласно проведенному Всероссийским центром изучения общественного мнения (ВЦИОМ) опросу более 86% руководителей малых и средних предприятий в качестве основной причины, влияющей негативным образом на социально-

экономическое положение предпринимательских структур, назвали несовершенство налогов и их высокий уровень [1].

Четвертая причина определяется масштабом теневых отношений, сложившихся в определенной сфере деятельности. В настоящее время уровень криминализации экономики достиг угрожающих значений, что негативно отражается на предпринимательской деятельности. По различным мнениям, она варьируется от 30 до 50% реального оборота всех субъектов малого предпринимательства [2].

Заключение

Сфера малого предпринимательства отличается неустойчивой динамикой численности малых предприятий, занятых на них работников, нерациональной региональной и отраслевой структурой малого предпринимательства, его криминализацией и т. п. негативными моментами, дающими основание для вывода о непредсказуемом, хаотичном характере развития экономики, составляющем основу конкурентных отношений в различных отраслях национального хозяйства.

Литература

- 1 Официальный сайт ВЦИОМ. URL: <http://www.wciom.ru/>
- 2 Феофилова Т.Ю., Литвиненко А.Н. Развитие малого предпринимательства в обеспечении экономической безопасности региона // Вопросы безопасности. 2014. № 6. URL: http://e-notabene.ru/nb/article_14166.html
- 3 Захаров А.Н., Козлов В.Д. Государственный контроль мотивационного механизма воспроизводства сельских трудовых ресурсов // Вестник НГИЭИ. 2017. № 9 (76). С. 77–88.
- 4 Волков И.В., Груздева В.В. Некоторые подходы к созданию интегрированных агропромышленных формирований в Нижегородской области // Вестник НГИЭИ. 2017. № 7 (74). С. 90–99.
- 5 Шамин А.Е., Проваленова Н.В. Особенности предоставления жилищно-коммунальных услуг в малых муниципальных образованиях // Вестник НГИЭИ. 2017. № 2 (69). С. 90–99.
- 6 Morkovina S.S., Sokolinskaya Y.M., Bukhtoyarov N.M., Safonova N.M. Deformation factors of the entrepreneurship development in the industry segments of the economy of the Russian Federation // European Research Studies Journal. 2017. V. 20. № 3B. P. 403–411.
- 7 Coffie S., Blankson C. Strategic prescriptive theories in the business context of an emerging economy // Journal of Strategic Marketing. 2018. V. 26. № 5. P. 373–384.
- 8 Morkovkin D.E., Mamychev A.Y., Yakovenko N.V., Komov I.V. et al. Factors and material conditions for space-intensive economic development of region // International review of management and marketing. 2016. V. 6. № 1S.
- 9 Castaño M.-S., Méndez M.-T., Galindo M.-Á. The effect of social, cultural, and economic factors on entrepreneurship // Journal of Business Research. 2015. V. 68. № 7. P. 1496–1500.
- 10 Choshin M., Ghaffari A. An investigation of the impact of effective factors on the success of e-commerce in small- and medium-sized companies // Computers in Human Behavior. 2017. V. 66. P. 67–74.

References

- 1 Official site of VTsIOM. Available at: <http://www.wciom.ru/> (in Russian).
- 2 Feofilova T.Yu., Litvinenko A.N. The development of small business in ensuring the economic security of the region. Security Issues. 2014. no. 6. Available at: http://e-notabene.ru/nb/article_14166.html (in Russian).
- 3 Zakharov A.N., Kozlov V.D. State control of the motivational mechanism for the reproduction of rural labor resources. Bulletin NGIEI. 2017. no. 9 (76). pp. 77–88. (in Russian).
- 4 Volkov I.V., Gruzdeva V.V. Some approaches to the creation of integrated agroindustrial formations in the Nizhny Novgorod region. Bulletin NGIEI. 2017. no. 7 (74). pp. 90–99. (in Russian).
- 5 Shamin A.E., Provalenova N.V. Features of the provision of housing and communal services in small municipalities. Bulletin NGIEI. 2017. no. 2 (69). pp. 90–99. (in Russian).
- 6 Morkovina S.S., Sokolinskaya Y.M., Bukhtoyarov N.M., Safonova N.M. Deformation factors of the entrepreneurship development in the industry segments of the economy of the Russian Federation. European Research Studies Journal. 2017. vol. 20. no. 3B. pp. 403–411.
- 7 Coffie S., Blankson C. Strategic prescriptive theories in the business context of an emerging economy. Journal of Strategic Marketing. 2018. vol. 26. no. 5. pp. 373–384.
- 8 Morkovkin D.E., Mamychev A.Y., Yakovenko N.V., Komov I.V. et al. Factors and material conditions for space-intensive economic development of region. International review of management and marketing. 2016. vol. 6. no. 1S.
- 9 Castaño M.-S., Méndez M.-T., Galindo M.-Á. The effect of social, cultural, and economic factors on entrepreneurship. Journal of Business Research. 2015. vol. 68. no. 7. pp. 1496–1500.
- 10 Choshin M., Ghaffari A. An investigation of the impact of effective factors on the success of e-commerce in small- and medium-sized companies. Computers in Human Behavior. 2017. vol. 66. pp. 67–74.

Сведения об авторах

Юлия М. Соколинская к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, misterias@mail.ru

Information about authors

Yulia M. Sokolinskaya Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, misterias@mail.ru

Елена А. Колесниченко д.э.н., профессор, кафедра кадрового управления, Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, ул. Интернациональная, 33, г. Тамбов, 392000, Россия, ekolesnichenko@live.ru

Кирилл В. Чекудаев к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, chkv1985@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1859-5917>

Вклад авторов

Юлия М. Соколинская написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат
Елена А. Колесниченко, Кирилл В. Чекудаев консультация в ходе исследования

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Elena A. Kolesnichenko Dr. Sci. (Econ.), professor, personnel management department, Tambov State University named after GR. Derzhavin, Internatsionalnaya str., 33, Tambov, 392000, Russia, ekolesnichenko@live.ru

Kirill V. Chekudaev Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, chkv1985@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-1859-5917>

Contribution

Yulia M. Sokolinskaya wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism
Elena A. Kolesnichenko. Kirill V. Chekudaev consultation during the study

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 02/08/2019	После редакции 17/08/2019	Принята в печать 03/09/2019
Received 02/08/2019	Accepted in revised 17/08/2019	Accepted 03/09/2019

Повышение эффективности работы предприятий пищевой промышленности как результат внедрения современных ИТ-решений

Александр В. Эдер¹alexander.eder@mail.ru 0000-0003-2434-7781Олег В. Иванов¹ov.ivanov@igsu.ru 0000-0002-6471-0154

¹ Институт государственной службы и управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, пр-т Вернадского, 84, г. Москва, 119606, Россия

Аннотация. Вхождение экономики России в 6-й технико-технологический уклад – это вопрос, затрагивающий обеспечение национальной безопасности государства и его перехода с помощью искусственного интеллекта к созданию новых разработок и повышению эффективности работы во многих сферах агропромышленного комплекса (АПК). Это обеспечит переход на качественно новый уровень управления мировой экономики. Рассмотрены вопросы, связанные с возрастающей ролью внедрения эффективных ИТ-технологий на предприятиях АПК и необходимостью своевременного распознавания и использования возможностей непрерывных улучшений бизнес-процессов. Проведён анализ эффективности внедрения ИТ-решений, в т. ч. необходимой для этого ресурсной базы, в рамках реализации инвестирования ИТ-проектов. Представлена формула для анализа экономической эффективности внедрения комплексных ИТ-систем на предприятиях пищевой промышленности с необходимостью оценки общих расходов на ИТ-систему за весь жизненный цикл (расходы на разработку, внедрение, ввод в эксплуатацию и развитие, и вывод из эксплуатации). Внедрение в пищевое производство информационно-коммуникационных технологий позволит сократить издержки производства предприятий АПК, а также сконцентрировать внимание на факторах времени, качества и наблюдения, так как внедрение подходящей ИТ-системы форсирует оптимизацию организационных и аналитических процессов. Значительное снижение затрат и долгосрочное повышение производительности – это ключевые понятия, формирующие основу успеха предприятия в современной рыночной экономике. Обоснована необходимость разработки новой комплексной методики, позволяющей учитывать отдельно разработку программных и технических средств для цифровой трансформации предприятий и отдельно расчёт прибавочной стоимости от внедрения и использования ИТ-решений на предприятиях пищевого производства.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, цифровая экономика, эффективность, инвестиции в АПК, ИТ-решения, ИТ-системы, ИТ-проекты

Improving the efficiency of food industry enterprises as a result of the modern IT solutions implementation

Aleksandr V. Eder¹alexander.eder@mail.ru 0000-0003-2434-7781Oleg V. Ivanov¹ov.ivanov@igsu.ru 0000-0002-6471-0154

¹ Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Vernadskogo av, 84, Moscow, 119606, Russia

Abstract. The entry of the Russian economy into the 6th technical and technological structure is a matter that affects ensuring the national security of the state and its transition with the help of artificial intelligence to the creation of new developments and increasing the efficiency of work in many areas of the agro-industrial complex (AIC). This will ensure a transition to a qualitatively new level of management of the global economy. Issues related to the growing role of implementing effective IT technologies in agricultural enterprises and the need for timely recognition and use of the opportunities for continuous improvement of business processes are considered. The analysis of the effectiveness of the implementation of IT solutions, including the necessary resource base for this, was carried out as part of the investment of IT projects. A formula is presented for analyzing the cost-effectiveness of implementing integrated IT systems in food industry enterprises with the need to assess the total costs of an IT system for the entire life cycle (development, implementation, commissioning and development, and decommissioning costs). The introduction of information and communication technologies in food production will reduce the production costs of agricultural enterprises, as well as focus on factors of time, quality and surveillance, since the introduction of a suitable IT system will speed up the optimization of organizational and analytical processes. Significant cost savings and long-term productivity gains are key concepts that form the basis of enterprise success in a modern market economy. The necessity of developing a new integrated methodology is substantiated, allowing to take into account separately the development of software and hardware for digital transformation of enterprises and separately calculate the surplus value from the introduction and use of IT solutions in food production enterprises.

Keywords: agriculture, digital economy, enterprises efficiency, investments in agriculture, IT solutions, IT systems, IT projects

Введение

В связи с утверждением Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы [1, 2] и утверждением государственной программы,

направленной на опережающее создание инновационной инфраструктуры для развития новых отраслей [3], создана гибкая система поддержки производителей сельскохозяйственной продукции. И сегодня сельскохозяйственное

Для цитирования

Эдер А.В., Иванов О.В. Повышение эффективности работы предприятий пищевой промышленности как результат внедрения современных ИТ-решений // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 364–367. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-364-367

For citation

Eder A.V., Ivanov O.V. Improving the efficiency of food industry enterprises as a result of the modern IT solutions implementation. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 364–367. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-364-367

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

производство – это успешно развивающаяся отрасль, которая обеспечивает продуктами питания население всего государства и выходит на мировые рынки [4].

На прошедшем в Ижевске совещании, основными темами которого были вопросы о роли современных информационных технологий (ИТ-технологий) в устойчивом развитии агропромышленного комплекса (АПК) России, Президент Российской Федерации В.В. Путин указал на необходимость скорейшего внедрения новейших научных разработок в аграрной сфере [5].

Специалисты компании Mc Kinsey провели презентацию исследования, посвящённого перспективам развития цифровой экономики России. В данном исследовании изложены материалы о перспективах развития цифровой экономики к 2025 году, которая позволит увеличить ВВП страны на 4,1–8,9 трлн р. Намечены пути развития для достижения данных показателей. Цифровизация в России позволит обеспечить порядка 19–34% роста ВВП, а доля самой цифровой экономики в ВВП может составить от 8 до 10%. В настоящее время в ВВП страны доля цифровой экономики составляет 3,9%. Это в 2–3 раза ниже, чем показатели в этой области у мировых лидеров [6].

Мы находимся на пороге 6-го нового технико-технологического уклада. Сегодня только начинают формироваться его контуры. В передовых странах мира этот процесс характеризуется поступательным развитием с применением высокотехнологичных наукоёмких технологий. Применение систем искусственного интеллекта приведёт к созданию новых разработок и повышению эффективности работы в областях генной инженерии, нано-, био-, квантовых, мембранных технологий, термоядерной энергетики, микромеханики, фотоники – всё это обеспечит переход на совершенно иной уровень воспроизводства национальной экономики и её влияние на мировые рынки [7].

Новый технико-технологический уровень затрагивает различные вопросы в сферах благополучия населения, национальной безопасности, статуса и конкурентоспособности страны в глобальной экономике.

Внедрение ИТ-технологий в пищевое производство вполне осуществимо, так как уже имеются необходимые технологии связи и программное обеспечение (ПО), есть отечественные высококвалифицированные ИТ-игроки, доступны передовые научные разработки.

Для внедрения современных ИТ-решений во все сферы деятельности предприятий пищевой промышленности широко применяются и анализируются достигнутые результаты многолетних

разработок отечественных и зарубежных ИТ-компаний. Появилась возможность изучения и применения накопившегося опыта отечественных и иностранных компаний, в том числе полученных в других отраслях, поскольку в информационно-коммуникационной среде нет чёткой отраслевой дифференциации.

Внедрение в пищевое производство информационно-коммуникационных технологий позволит сократить издержки предприятий АПК за счёт сокращения числа посредников, минимизации трудовых затрат во всех звеньях производственной цепи от снабжения до сбыта, в том числе и за счёт ограничения деятельности структур, дестабилизирующих экономическую безопасность. Учитывая, что в составе издержек производства преобладают транзакционные издержки, то проблема внедрения информационно-коммуникационных технологий в аграрное производство становится ещё более актуальной и требующей незамедлительного решения [8].

В условиях возрастающей роли внедрения эффективных ИТ-технологий предприятиям необходимо своевременно распознать и использовать возможности непрерывных улучшений бизнес-процессов. При этом на предприятиях пищевой промышленности всё чаще внимание концентрируется на факторах времени, качества и наблюдения, так как внедрение подходящей ИТ-системы форсирует оптимизацию организационных и аналитических процессов. Значительное снижение затрат и долгосрочное повышение производительности – это ключевые понятия, формирующие основу успеха предприятия в современной рыночной экономике.

Для успешной работы предприятий пищевой промышленности и преобразования системы управления предприятием необходимо провести всесторонний анализ эффективности внедрения ИТ-решений. Этот анализ заключается в сравнении альтернативных вариантов. Например, с применением информационной системы менеджмента бизнес-процессами и без неё. Также подсчитываются всевозможные потери в случаях, если реализация проекта не будет успешной, или проект вовсе не будет реализован.

Для сравнения доходов от внедрения бизнес-процесса и расходов, необходимых для его реализации, учитываются как количественные показатели (расходы на приобретение ПО, оборудования, наём высококвалифицированного персонала, увеличение производительности труда и т. д.), так и качественные, выражающиеся, как вариант, в лояльности клиентов.

Оценивается эффективность внедрения комплексных ИТ-систем с помощью коэффициента рентабельности инвестиций [9]. Его можно рассчитать по формуле

$$ROI = \frac{\text{Доход}}{\text{Расход}} \times 100\%, \quad (1)$$

где ROI – это коэффициент рентабельности инвестиций (Return on investment) по проекту внедрения комплексной ИТ-системы, %; доход – это все средства, полученные от внедрения комплексной ИТ-системы, р.; расход – это издержки и инвестиции на внедрение комплексной ИТ-системы, р.

Для успешных инвестиций в ИТ-проекты проводить оценку расходов только на этапе внедрения ИТ-системы недостаточно. Следует учитывать, что расходы на ИТ-системы определяются и расходами на этапах эксплуатации, и при сопровождении, которые могут значительно превышать объём затрат при приобретении (разработке) и внедрении.

При анализе экономической эффективности внедрения комплексных ИТ-систем на предприятиях пищевой промышленности необходимо оценивать общие расходы (P_o) на ИТ-систему за весь жизненный цикл (расходы на разработку (P_p), внедрение (P_v), ввод в эксплуатацию и развитие ($P_{э,р}$), и вывод из эксплуатации (P_3):

$$P_o = P_p + P_v + P_{э,р} + P_3.$$

На российских рынках работает целый ряд компаний, занимающихся аудитом данных

для определения эффективности от внедрения новых ИТ-систем во всех функциональных областях предприятий, например, в снабжении, при производстве, сбыте, планировании, контроле качества, мониторинге, техническом обслуживании, ремонте оборудования и т. д. Но на данный момент ещё не разработана комплексная методика оценки показателей экономической эффективности от внедрения ИТ-решений на предприятиях пищевой промышленности, существуют только отдельные расчёты отдельных эффектов от внедрения ПО [10]. Необходима новая комплексная методика, позволяющая учитывать отдельно разработку программных и технических средств для цифровой трансформации предприятия и отдельно расчёт прибавочной стоимости от внедрения и использования ИТ-решений.

Заключение

В процессе цифровизации экономики происходят глобальные изменения, затрагивающие ключевые бизнес-процессы предприятий пищевой промышленности, которые касаются многих традиционных производств, и на их смену приходят новейшие технологии, более совершенные разработки, требующие затрат различных ресурсов и времени при кардинально меняющихся запросах потребителей.

Литература

- 1 Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы. URL: <http://government.ru/docs/29004>
- 2 Савельева М.И. Развитие АПК: фактор отраслевой науки // Все о мясе. 2012. № 1. С. 18–20.
- 3 Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности: Государственная программа Российской Федерации утв. постановлением Правительства РФ № 328 от 15.04.2014. URL: <http://government.ru/docs/11912>
- 4 Послание Президента Российской Федерации Федеральному Собранию Российской Федерации. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news>
- 5 Решение проблем сельского хозяйства напрямую связано с переводом отрасли на современные агропромышленные технологии. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/35773>
- 6 Цифровая экономика увеличит к 2025 году ВВП России на 8,9 трлн рублей. URL: https://www.rbc.ru/technology_and_media/05/07/2017/595cbefa9a7947374ff375d4
- 7 Каблов Е. Шестой технологический уклад // Наука и жизнь. URL: <https://www.nkj.ru/archive/articles/17800>
- 8 Зверев Г.Н. Роль услуги в социально-экономическом развитии Агропромышленного комплекса // Региональная экономика: теория и практика. 2013. № 17 (296). С. 27–33.
- 9 Каптиева О. Формула ROI: как считать ROI и как использовать в маркетинге // Аналитика. Carrot quest. URL: <https://www.carrotquest.io/blog/formula-roi>
- 10 Эдер А.В. Экономическая целесообразность внедрения ИТ-решений на предприятиях пищевой промышленности // Все о мясе. 2018. № 4. С. 26–29.
- 11 Quinton S. et al. Conceptualising a digital orientation: antecedents of supporting SME performance in the digital economy // Journal of Strategic Marketing. 2018. V. 26. № 5. P. 427–439.
- 12 Teece D.J. Profiting from innovation in the digital economy: Enabling technologies, standards, and licensing models in the wireless world // Research Policy. 2018. V. 47. № 8. P. 1367–1387.
- 13 Barefoot K., Curtis D., Jolliff W., Nicholson J.R. et al. Defining and Measuring the Digital Economy // US Department of Commerce Bureau of Economic Analysis. 2018. V. 15.
- 14 Viriyasitavat W., Da Xu L., Bi Z., Pungpapong V. Blockchain and Internet of Things for Modern Business Process in Digital Economy--the State of the Art // IEEE Transactions on Computational Social Systems. 2019.
- 15 Kamolov S.G., Artemova P.V., Berezko V.E. Shaping the Systems of Digital Public Governance of the Digital Economy in Russia and Abroad // Ubiquitous Computing and the Internet of Things: Prerequisites for the Development of ICT. Springer, Cham, 2019. P. 435–442.

References

- 1 On the approval of the Federal scientific and technical program for the development of agriculture for 2017–2025. Available at: <http://government.ru/docs/29004> (in Russian).
- 2 Savelyeva M.I. The development of the agro-industrial complex: a factor in industry science. All about meat. 2012. no. 1. pp. 18–20. (in Russian).
- 3 Development of industry and increasing its competitiveness: State program of the Russian Federation approved. Decree of the Government of the Russian Federation no. 328 of 04/15/2014. Available at: <http://government.ru/docs/11912> (in Russian).
- 4 Message from the President of the Russian Federation to the Federal Assembly of the Russian Federation. Available at: <http://kremlin.ru/events/president/news> (in Russian).
- 5 The solution of agricultural problems is directly related to the transfer to modern agricultural technologies. Available at: <http://kremlin.ru/events/president/news/35773> (in Russian).
- 6 The digital economy increased by 2025 Russia's GDP by 8.9 trillion rubles. Available at: https://www.rbc.ru/technology_and_media/05/07/2017/595cbefa9a7947374ff375d4 (in Russian).
- 7 Kablov E. The Sixth Technological Order. Science and Life. Available at: <https://www.nkj.ru/archive/articles/17800> (in Russian).
- 8 Zverev G.N. Services in the socio-economic development of the agro-industrial complex. Regional Economics: theory and practice. 2013. no. 17 (296). pp. 27–33. (in Russian).
- 9 Kaptieva O. ROI formula: how to calculate ROI and how to use it in marketing. Analytics. Carrot quest. Available at: <https://https://www.carrotquest.io/blog/formula-roi> (in Russian).
- 10 Eder A.V. The economic feasibility of implementing IT solutions in food industry enterprises. All about meat. 2018. no. 4. pp. 26–29. (in Russian).
- 11 Quinton S. et al. Conceptualising a digital orientation: antecedents of supporting SME performance in the digital economy. Journal of Strategic Marketing. 2018. vol. 26. no. 5. pp. 427–439.
- 12 Teece D.J. Profiting from innovation in the digital economy: Enabling technologies, standards, and licensing models in the wireless world. Research Policy. 2018. vol. 47. no. 8. pp. 1367–1387.
- 13 Barefoot K., Curtis D., Jolliff W., Nicholson J.R. et al. Defining and Measuring the Digital Economy. US Department of Commerce Bureau of Economic Analysis. 2018. vol. 15.
- 14 Viriyasitavat W., Da Xu L., Bi Z., Pungpapong V. Blockchain and Internet of Things for Modern Business Process in Digital Economy--the State of the Art. IEEE Transactions on Computational Social Systems. 2019.
- 15 Kamolov S.G., Artemova P.V., Berezko V.E. Shaping the Systems of Digital Public Governance of the Digital Economy in Russia and Abroad. Ubiquitous Computing and the Internet of Things: Prerequisites for the Development of ICT. Springer, Cham, 2019. pp. 435–442.

Сведения об авторах

Александр В. Эдер к.т.н., кафедра государственного регулирования экономики, институт государственной службы и управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, пр-т Вернадского, 84, г. Москва, 119606, Россия, alexander.eder@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2434-7781>

Олег В. Иванов д.э.н., профессор, кафедра государственного регулирования экономики, институт государственной службы и управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, пр-т Вернадского, 84, г. Москва, 119606, Россия, ov.ivanov@igsu.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6471-0154>

Вклад авторов

Александр В. Эдер обзор литературных источников по исследуемой проблеме, написал рукопись

Олег В. Иванов корректировал рукопись до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Aleksandr V. Eder Cand. Sci. (Engin.), state regulation of economy department, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Vernadskogo av, 84, Moscow, 119606, Russia, alexander.eder@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2434-7781>

Oleg V. Ivanov Dr. Sci. (Econ.), professor, state regulation of economy department, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Vernadskogo av, 84, Moscow, 119606, Russia, ov.ivanov@igsu.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6471-0154>

Contribution

Aleksandr V. Eder review of the literature on an investigated problem, wrote the manuscript

Oleg V. Ivanov correct manuscript before filing in editing and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 09/08/2019	После редакции 23/08/2019	Принята в печать 05/09/2019
Received 09/08/2019	Accepted in revised 23/08/2019	Accepted 05/09/2019

Анализ факторов, влияющих на производительность труда

Виктор Г. Лутченко	¹	180@vniivega.ru	 0000-0001-7626-9725
Александр И. Хорев	²	al.khorev@gmail.com	 0000-0002-8438-0607
Илья А. Хорев	¹	khorev.ilya@gmail.com	 0000-0002-4611-0497
Виктория В. Григорьева	²	vickierus@mail.ru	 0000-0002-7116-3021

¹ АО "ВНИИ "Вега", Московский проспект, д.7-Б, г. Воронеж, 394026, Россия

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

Аннотация. Тема повышения производительности труда для России является главной задачей, без решения которой у страны не будет перспектив для выхода на уровень развитых государств мира. Результаты роста производительности труда сказываются положительным образом на персонале, капитале, производимой продукции, повышении конкурентоспособности, снижении затрат, увеличении объемов продаж и прибыли. В связи с этим на федеральном уровне разработан и утвержден национальный проект «Производительность труда и поддержка занятости». В работе рассмотрены подходы к понятию производительности труда, которые отличаются у специалистов различных профилей. Многие из них смешивают термины «эффективности» и «производительности». Значительное количество публикаций по теме производительности труда на самом деле посвящается эффективности, хотя эффективность и производительность труда это понятия, которые не являются тождественными. При этом следует отметить, что производительность труда связана практически со всеми критериями эффективности и является наиважнейшим из них. Анализируются факторы, которые влияют на производительность труда дочернего предприятия для выработки предложений по корректировке стратегических документов, определяющих его развитие в перспективе. Рассмотрены факторы производительности труда по принципу таксономии. Определены основные сдерживающие факторы роста производительности труда. Рассмотрены вопросы повышения производительности труда. Проведенный расчет совокупного весового коэффициента развития персонала одного из дочерних предприятий показал его рост свыше 30%.

Ключевые слова: производительность труда, дочернее предприятие, факторы роста производительности труда, резервы роста производительности труда

Analysis of factors affecting labor productivity

Viktor G. Lutchenko	¹	180@vniivega.ru	 0000-0001-7626-9725
Aleksander I. Khorev	²	al.khorev@gmail.com	 0000-0002-8438-0607
Iliya A. Khorev	¹	khorev.ilya@gmail.com	 0000-0002-4611-0497
Viktoriya V. Grigoryeva	²	vickierus@mail.ru	 0000-0002-7116-3021

¹ JSC VSRI "Vega" Moscow Avenue, 7-B, Voronezh, 394026, Russia

² Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The topic of increasing labor productivity for Russia is the most important task, without which the country will have no prospects for reaching the level of developed countries in the world. The results of labor productivity growth have a positive effect on personnel, capital, manufactured products, increased competitiveness, reduced costs, increased sales and profits. In this regard, at the federal level, a national project "Labor productivity and employment support" was developed and approved. The paper considers approaches to the concept of labor productivity, which differ among specialists of various profiles. Many of them mix the terms "efficiency" and "productivity". A significant number of publications on the topic of labor productivity are actually devoted to efficiency, although efficiency and labor productivity are concepts that are not identical. It should be noted that labor productivity is associated with almost all performance criteria and is the most important of them. The factors that affect the productivity of a subsidiary to develop proposals for updating strategic documents determining its development in the future are analyzed. The factors of labor productivity according to the principle of taxonomy are considered. The main constraints to the growth of labor productivity are determined. The issues of increasing labor productivity are considered. The calculation of the total weight development coefficient of the personnel of one of the subsidiaries showed its growth of over 30%.

Keywords: labor productivity, subsidiary, growth factors of labor productivity, reserves of growth of labor productivity

Введение

Производительность труда (ПТ) – это один из семи критериев эффективности: действенности, экономичности, качества продукции, качества трудовой жизни, внедрения новшеств, издержек и цен (прибыль) и производительности [2]. При этом следует отметить, что ПТ связана

практически со всеми критериями эффективности и является, пожалуй, наиважнейшим из них.

Производительность труда и эффективность (результативность) – две концепции, на которых разрабатывается любая стратегия развития предприятия. Первая отражает рост ПТ и связывает результаты с затратами. ПТ при

Для цитирования

Лутченко В.Г., Хорев А.И., Хорев И.А., Григорьева В.В. Анализ факторов, влияющих на производительность труда // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 368–374. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-368-374

For citation

Lutchenko V.G., Khorev A.I., Khorev I.A., Grigoryeva V.V. Analysis of factors affecting labor productivity. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 368–374. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-368-374

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

этом определяют как внутренний показатель предприятия, который можно измерить и в принципе улучшить [3].

В отличие от ПТ понятие эффективности связано с удовлетворением нужд потребителей и является показателем, характеризующим внешнюю среду, который практически трудно измерить. Для его улучшения требуется значительное количество времени. С этой точки зрения ПТ связана с затратами, а эффективность – с возможностями поиска новых потребителей. По мнению Питера Друкера: «ПТ – выполнить все необходимое, а эффективность – найти это необходимое».

Суть эффективности в значительной степени заключается в инновациях, то есть обнаружении новой продукции для удовлетворения нужд потребителей. Концентрация усилий на снижении затрат для развитых стран мира малоэффективное мероприятие по сравнению с поиском нововведений. Тем не менее, для российских предприятий, которые по ПТ отстают от западных в несколько раз, повышение ПТ является важнейшей задачей, безусловно, не забывая о необходимости заниматься нововведениями.

Производительность труда по определению известного специалиста Д. Скотта Синка – это отношение между продукцией, произведенной предприятием, и затратами на производство этой продукции. Подобное определение общепризнано независимо от различных точек зрения: экономической, инженерной, управленческой и т. д. [4].

Обсуждение

Перечень факторов внешней среды, которые могут повлиять на производительность труда, представлен в таблице 1. Перечень факторов

внутренней среды предприятия, которые могут отрицательно повлиять на производительность труда, представлен в таблице 2.

Для концептуального построения логичной структуры системного поиска и отбора факторов повышения ПТ воспользуемся таксономией – наукой о классификации.

Рассмотренные факторы производительности труда по принципу таксономии можно разделить на 3 вида [2].

1. Факторы, связанные с управлением ресурсами:

- человеческие ресурсы;
- капитал (технические средства и инвестиции);
- энергия;
- материалы;
- информация.

2. Факторы, связанные с формой взаимодействия:

- технологические;
- экономические;
- поведенческие;
- политические;
- структурные;
- процессные.

3. Факторы, связанные с размером анализируемой единицы предприятия:

- индивидуально;
- группа;
- все предприятие.

Систематизация всех факторов (таблица 1–2) по принципу таксономии с определением их рейтингов и весовых коэффициентов, определенных экспертным путем, методом опроса ведущих специалистов исследуемого предприятия, представлена в таблице 3.

Таблица 1.

Table 1.

Факторы внешней среды, влияющие на производительность труда

Environmental factors that affect productivity

Факторы внешней среды, отрицательно влияющие на производительность труда Environmental factors adversely affecting labor productivity	Факторы внешней среды, положительно влияющие на производительность труда Environmental factors that positively affect labor productivity
Сложная демографическая ситуация в РФ The difficult demographic situation in the Russian Federation	Участие в федеральных целевых программах Participation in Federal Target Programs
Отсутствие необходимого количества заказов, обеспечивающих если не рост, то хотя бы стабильность объемов выполняемых работ The absence of the necessary number of orders, to ensure the growth, if not, then at least the stability of the volume of work performed	Налаживание взаимосвязей с другими дочерними предприятиями интегрированной структуры в научной, технологической, кадровой и производственной кооперации для получения эффекта синергии Establishing relationships with other subsidiaries of an integrated structure in scientific, technological, personnel and production cooperation to obtain the effect of synergy
Необеспеченность предприятия квалифицированными рабочими и ИТР, обеспечивающими качество и инновационность продукции The lack of enterprise skilled workers and engineers, ensuring the quality and innovation of products	Поддержание хороших отношений с администрацией района, города и области Maintaining good relations with the administration of the district, city and region

Факторы внешней среды, отрицательно влияющие на производительность труда Environmental factors adversely affecting labor productivity	Факторы внешней среды, положительно влияющие на производительность труда Environmental factors that positively affect labor productivity
Наличие в выпускаемой продукции значительного количества комплектующих иностранного производства Availability of products in a large number of foreign-made components	Поддержание взаимовыгодных отношений с заказчиками Maintaining mutually beneficial relationships with customers
Специфика заказов МО РФ в части сроков финансирования, окончательных расчетов за выполняемые работы и размеров прибыли The specifics of orders of the Ministry of Defence of the Russian Federation in terms of financing terms, final payments for work performed and profit margins	Снижение процента по выплатам дивидендов в ИС Reduced interest on dividend payments in integrated structures
Отсутствие ротации кадров в масштабах интегрированной структуры No rotation frame integrated structure to scale	
Сложности с привлечением инвестиций Difficulties in attracting investment	
Большой объем контрольных функций со стороны интегрированной структуры A large amount of control functions by the integrated structure	
Большие процентные ставки при получении кредитов High interest rates for obtaining loans	
Большой размер дивидендов интегрированной структуры Large size dividends integrated structure	
Отсутствие координации со стороны материнской компании в установлении взаимосвязей The lack of coordination on the part of the parent company in the establishment of relationships	

Таблица 2.

Факторы внутренней среды, влияющие на производительность труда

Table 2.

Factors of the internal environment influencing productivity

Факторы внутренней среды, отрицательно влияющие на производительность труда Factors of the internal environment adversely affecting labor productivity	Факторы внутренней среды, положительно влияющие на производительность труда Factors of the internal environment that positively affect labor productivity
Малая загрузка оборудования (около 70%) Low load of equipment (about 70%)	Опыт в разработке, поставке и обслуживании продукции специального назначения Experience in the development, supply and maintenance of special products
Отсутствие продукции гражданского назначения The absence of civilian products	Достаточно высокий уровень средней заработной платы на предприятии в сравнении со средней заработной платой по городу и области A sufficiently high level of average wage in the enterprise in comparison with the average wage in the city and region
Недостаточная развитость службы маркетинга Underdeveloped Marketing Service	Рост объемов производства Production growth
Низкий объем нематериальных активов Low volume intangibles	Проведено техперевооружение, связанное с автоматизацией и механизацией производства A re-equipment associated with the automation and mechanization of production
Необходимость софинансирования работ по ФЦП, связанной с необходимостью освоения гражданской продукции The need for co-financing of work under the federal target program related to the need for the development of civilian products	Усиление внимания к повышению квалификации, обучению и переобучению персонала Increased attention to continuing education, training and retraining of staff
Недостаточная развитость информационных технологий Underdeveloped information technology	Организация проведения обязательной аттестации персонала Organization of mandatory personnel certification
Недостаточность развития методов индивидуальной работы с персоналом, необработанность положений и нормативной документации об освоении гражданской продукции The lack of development of methods of individual work with staff, the inadequacy of the provisions and normative documentation on the development of civilian products	Своевременная выплата заработной платы Timely payment of wages

Факторы внутренней среды, отрицательно влияющие на производительность труда Factors of the internal environment adversely affecting labor productivity	Факторы внутренней среды, положительно влияющие на производительность труда Factors of the internal environment that positively affect labor productivity
	Отработка механизма более эффективной системы мотивации персонала Testing the mechanism of a more effective staff motivation system
	Внедрение более эффективной системы энергосбережения Introducing a more efficient energy saving system
	Организация более эффективного взаимодействия с вузами по подбору кадров и совместным работам Organization more effective interaction with universities recruitment and collaborate

Таблица 3.

Классификация факторов производительности труда

Table 3.

Classification of factors of labor productivity

Признак классификации Classification feature	Название фактора The name of the factor	Вероятность использования и преодоления фактора The probability of using and overcoming the factor			Рейтинг фактора Factor rating	Весовой коэффициент, % Weight coefficient, %
		высокая high	средняя medium	низкая low		
Факторы, связанные с управлением ресурсами Factors associated with the management of resources	Обучение персонала Staff training	+			26	1
	Ротация кадров в ИС Personnel rotation in integrated structures		+		18	2
	Своевременная выплата заработной платы Timely payment of wages	+			2	7
	Аттестация персонала Personnel certification	+			32	1
	Система мотивации Motivation system		+		8	4
	Связь с вузами в части подбора персонала Communication with universities in terms of recruitment		+		27	1
	Энергосбережение Energy saving		+		25	1
	ФЦП Federal Target Programs			+	24	2
	Отсутствие инвестиций Lack of investment			+	1	11
	Сложная демографическая ситуация Complicated demographic situation			+	20	2
	Неукомплектованность кадрами Understaffing			+	9	4
Факторы, связанные с формой воздействия Factors associated with the form of exposure	Сравнительно высокий уровень заработной платы Comparatively high salary	+			7	5
	Техперевооружение Technical reequipment			+	19	2
	Низкая загрузка производства Low production load		+		21	2
	Низкий уровень прибыльности Low profitability			+	10	4
	Низкий уровень развития инноваций Low level of innovation		+		11	3
Факторы, связанные с размером анализируемой единицы предприятия Factors related to the size of the analyzed enterprise	Отсутствие гражданской продукции Lack of civilian products			+	4	6
	Наличие опыта в разработке и производстве продукции Experience in product development and production	+			16	3
	Необходимость улучшения качества продукции The need to improve product quality		+		15	3
	Эффективное взаимодействие с заказчиками Effective interaction with customers		+		28	2
	Хорошие отношения с администрацией области, города Good relationship with the administration of the region, city		+		29	1
	Отсутствие перспектив роста объемов производства по линии МО РФ Lack of prospects for growth in production through the Ministry of Defence of the Russian Federation			+	12	3
	Специфика заказов МО РФ The specifics of orders of the Ministry of Defence of the Russian Federation			+	13	3
	Необходимость софинансирования ФЦП по гражданской продукции The need for financing the federal target program for civilian products			+	5	6
	Необходимость дальнейшего развития информационных технологий The need for further development of information technology		+		14	3
	Необходимость развития маркетинга The need for marketing development		+		6	5
	Участие в конкурсах под руководством ИС Participation in tenders led by an integrated structure			+	23	1

Признак классификации Classification feature	Название фактора The name of the factor	Вероятность использования и преодоления фактора The probability of using and overcoming the factor			Рейтинг фактора Factor rating	Весовой коэффициент, % Weight coefficient, %
		высокая high	средняя medium	низкая low		
Факторы, связанные с размером анализируемой единицы предприятия Factors related to the size of the analyzed enterprise	Необходимость налаживания связей с другими предприятиями ИС The need for networking with other integrated enterprises			+	3	7
	Наличие в продукции комплектующих иностранного производства The presence in the production of components of foreign manufacture			+	17	2
	Возможность наращивания объемов производства The possibility of increasing the volume of production		+		21	1
	Индивидуальная работа с персоналом Individual work with staff	+			30	1
	Работа с подразделениями (положения, структура, децентрализация, лидерство) Work with departments (positions, structure, decentralization, leadership)	+			31	1
	Работа с секторами (положения, децентрализация, структура) Work with sectors (regulations, decentralization, structure)	+			33	1

Исходя из проведенного анализа, представленного в таблице 3, очевидно, что основными сдерживающими факторами роста производительности труда могут быть:

- отсутствие инвестиций;
- задержка выплаты заработной платы;
- отсутствие взаимосвязей с другими предприятиями ИС;
- отсутствие гражданской продукции;
- отсутствие системы мотивации;
- дефицит кадров;
- необходимость софинансирования ФЦП и т. д.

Анализ литературы по вопросам повышения производительности труда выявляет два направления реализации этого важнейшего вопроса.

1. Автоматизация и роботизация производства, внедрение системы автоматизированного проектирования, общие вопросы капиталовложений и менеджмента.

2. Подходы в области человеческих ресурсов: разработка и внедрение системы мотивации, улучшение качества трудовой жизни, использование методов ротации и других общеправленческих подходов.

Подтверждают вышеприведенные доводы исследования известного специалиста в этой области В.И. Бовыкина [1], который установил, что производительность труда (C) определяется факторами, связанными с производительностью труда персонала и наличием необходимых организационно-технических средств, что определяется формулой:

$$C = I \cdot T,$$

где I – индивидуальная производительность труда; T – производительность труда, определяемая организационно-техническими средствами.

Аналогичный подход к производительности труда использовал еще известный теоретик Ф. Тейлор, который считал, что максимальное благосостояние может быть достигнуто только тогда, когда одновременно обеспечивается максимальная производительность труда как людей, так и машин. Данный подход говорит о том, что при планировании роста производительности труда необходимо учитывать ее двойственную природу, которая требует одновременно уделять внимание как персоналу, так и оборудованию.

По мнению Д. Синка, способность управлять человеческими ресурсами еще долгое время будет отставать от способности управлять высокотехнологическими сферами деятельности [4]. По данным ученого, повышение производительности труда в аэрокосмической промышленности США достигается на 60% за счет технологий; на 25% – за счет капиталовложений; на 15% – за счет рабочей силы. При чем следует отметить, что показатель влияния рабочей силы постоянно растет.

В связи с этим абсолютное большинство современных специалистов, изучающих подходы к повышению производительности труда, наиболее важной задачей считают повышение индивидуальной производительности труда персонала. В условиях России, как считает В.И. Бовыкин, человек для менеджмента до сих пор является неприступной крепостью с точки зрения эффективного использования его потенциала.

Учитывая это, становится ясно, что без способностей, сотрудничества, лидерства, желания, мотивации и других качеств персонала невозможно реализовать повышение производительности труда только за счет технологий и капиталовложений. Несмотря на то что эти выводы были сделаны в 90-е годы прошлого

века, они до настоящего времени остаются основополагающими мотивами, направляющими усилия менеджмента на повышение производительности труда.

Поэтому главной задачей руководства предприятия является развитие потенциала персонала с учетом следующих факторов: личная заинтересованность, высокий уровень корпоративной культуры, возможные перспективы продвижения и т. д.

Рост совокупного весового коэффициента развития персонала одного из дочерних предприятий, по мнению экспертов, в настоящее

время может составить свыше 30%. Данное обстоятельство не снижает необходимости максимального использования факторов организационно-технического характера положительной направленности и преодоления факторов отрицательной направленности.

Заключение

Проведенный анализ должен позволить руководству дочернего предприятия учесть полученные результаты при разработке стратегии развития, инновационной и инвестиционной программ.

Литература

- 1 Бовыкин В. Новый менеджмент. Управление предприятием на уровне высших стандартов. Теория и практика эффективного управления. Москва: Экономика, 1997.
- 2 Григорьева В.В., Федотова О.А. Сбалансированное управление эффективностью труда персонала в организациях промышленности // Экономика и предпринимательство. 2015. № 5–2 (58). С. 1119–1123.
- 3 Синк Д.С. Управление производительностью: планирование, измерение и оценка, контроль и повышение: пер с англ. М: Прогресс, 1989.
- 4 Mamychiev A.Y., Sulimova E.A., Yakovenko N.V., Savvidi S.M. et al. Economic Security and Organizational Culture: Theoretical Approaches and Categorical Relationship // International Review of Management and Marketing. 2016. № 6 (S1). P. 153–158.
- 5 Zhitlukhina O.G., Rakutko S.Y., Berezhnova E.I., Selezneva E.Y. et al. Issues of Falsifying Financial Statements in Terms of Economic Security // International Journal of Environmental and Science Education. 2016. V. 11. № 17. P. 10163–10176.
- 6 Popkova E., Morozova I., Litvinova T., Khisamova A. et al. Provision of Economic Security by Creating Innovation Network of Transnational Cluster Initiatives // European Research Studies. 2015. V. 18. № 3. P. 197–210.
- 7 Primorac T., Kozina T., Turčić I. Economic security of enterprises // Poslovna izvrsnost. 2018. V. 12. № 2. P. 167–175.
- 8 Tvaronavičienė M., Masood O., Javaria K. Preconditions of the Eurozone economic security: how to overcome liquidity risk and cost inefficiency in leading banks of UK and Germany // Polish Journal of Management Studies. 2018. V. 18. № 1. P. 418–427. doi: 10.17512/pjms.2018.18.1.31
- 9 Mikheeva N.N. Comparative analysis of labor productivity in Russian regions // Regional Research of Russia. 2016. V. 6. № 2. P. 105–114.
- 10 Peri G. Immigrants, Productivity, and Labor Markets // Journal of economic perspectives. 2016. V. 30. № 4. P. 3–30.

References

- 1 Bovykin V. New management. Enterprise management at the highest standards. Theory and practice of good governance. Moscow, Economics, 1997. (in Russian).
- 2 Grigoryeva V.V., Fedotova O.A. Balanced management of personnel labor efficiency in industrial organizations. Economics and Entrepreneurship. 2015. no. 5–2 (58). pp. 1119–1123. (in Russian).
- 3 Sink D.S. Performance management: planning, measurement and evaluation, control and improvement. Moscow, Progress, 1989. (in Russian).
- 4 Mamychiev A.Y., Sulimova E.A., Yakovenko N.V., Savvidi S.M. et al. Economic Security and Organizational Culture: Theoretical Approaches and Categorical Relationship. International Review of Management and Marketing. 2016. no. 6 (S1). pp. 153–158.
- 5 Zhitlukhina O.G., Rakutko S.Y., Berezhnova E.I., Selezneva E.Y. et al. Issues of Falsifying Financial Statements in Terms of Economic Security. International Journal of Environmental and Science Education. 2016. vol. 11. no. 17. pp. 10163–10176.
- 6 Popkova E., Morozova I., Litvinova T., Khisamova A. et al. Provision of Economic Security by Creating Innovation Network of Transnational Cluster Initiatives. European Research Studies. 2015. vol. 18. no. 3. pp. 197–210.
- 7 Primorac T., Kozina T., Turčić I. Economic security of enterprises. Poslovna izvrsnost. 2018. vol. 12. no. 2. pp. 167–175.
- 8 Tvaronavičienė M., Masood O., Javaria K. Preconditions of the Eurozone economic security: how to overcome liquidity risk and cost inefficiency in leading banks of UK and Germany. Polish Journal of Management Studies. 2018. vol. 18. no. 1. pp. 418–427. doi: 10.17512/pjms.2018.18.1.31
- 9 Mikheeva N.N. Comparative analysis of labor productivity in Russian regions. Regional Research of Russia. 2016. vol. 6. no. 2. pp. 105–114.
- 10 Peri G. Immigrants, Productivity, and Labor Markets. Journal of economic perspectives. 2016. vol. 30. no. 4. pp. 3–30.

Сведения об авторах

Виктор Г. Лутченко к.т.н., заместитель начальника отдела системного анализа, АО «ВНИИ «Вега», Московский проспект, д.7-Б, г. Воронеж, 394026, Россия, 180@vniivega.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-7626-9725>

Information about authors

Viktor G. Lutchenko Cand. Sci. (Engin.), deputy head of system analysis, JSC «VSRI «Vega», Moscow Avenue, 7-B, Voronezh, 394026, Russia, 180@vniivega.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-7626-9725>

Александр И. Хорев д.э.н., кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, al.khorev@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8438-0607>

Илья А. Хорев к.э.н., главный специалист отдела системного анализа, АО «ВНИИ «Вега», Московский проспект, д.7-Б, г. Воронеж, 394026, Россия, khorev.ilya@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-4611-0497>

Виктория В. Григорьева к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, vickierus@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7116-3021>

Aleksander 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

 <https://orcid.org/0000-0002-8438-0607>

Iliya A. Khorev Cand. Sci. (Econ.), chief specialist of the department of system analysis, JSC «VSRI «Vega», Moscow Avenue, 7-B, Voronezh, 394026, Russia, khorev.ilya@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-4611-0497>

Viktoria V. Grigoryeva Cand. Sci. (Econ.), associate professor, economic security and financial monitoring department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, vickierus@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7116-3021>

Вклад авторов

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 are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 05/08/2019	После редакции 23/08/2019	Принята в печать 04/09/2019
Received 05/08/2019	Accepted in revised 23/08/2019	Accepted 04/09/2019

Методика интегральной оценки человеческого капитала региона

Надежда А Серебрякова ¹	nadserebryakova@mail.ru	 0000-0002-2952-9567
Светлана А Волкова ²	svetlan_volkova@mail.ru	 0000-0001-5791-5912
Татьяна А Волкова ³	volkovata14@mail.ru	 0000-0002-2410-6585

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

2 Воронежский государственный технический университет, пр-т Московский, 179, г. Воронеж, 394066, Россия

3 Российский экономический университет им ГВ Плеханова (Воронежский филиал) ул Карла Маркса 67а г Воронеж, Россия

Аннотация. Разработана методика оценки человеческого капитала региона на основе расчета интегрального показателя. Рассмотрены современные тенденции развития экономики, выражающиеся в активизации процессов цифровизации. Определено место Воронежской области по уровню цифровизации среди других регионов. Регион занимает лидирующие позиции среди исследуемых областей, но вместе с тем дальнейшее развитие в направлении цифровизации необходимо, поскольку регион имеет ресурсы для более высоких темпов цифровизации в перспективе. В предположении, что человеческий капитал играет ключевую роль в процессе трансформации современной экономической системы региона, авторами предложена система индикаторов для интегральной оценки человеческого капитала региона. Индикаторы объединены в укрупненные группы (демографическую, трудовую и образовательную, научно-исследовательскую, социокультурную). Для расчета интегрального показателя состояния человеческого капитала региона определены коэффициенты значимости каждого из его компонентов. Коэффициенты значимости были установлены с использованием экспертного метода. Далее рассчитаны взвешенные показатели оценки компонентов человеческого капитала региона и интегральный показатель. Произведенные расчеты позволили определить ключевые составляющие в структуре индикаторов человеческого капитала: трудовая и образовательная, что позволило сориентировать направления развития человеческого капитала регионов. Особое внимание уделено вопросам развития инновационной сферы, которое невозможно реализовать без развития человеческого капитала. Результаты проведенных эмпирических исследований подтвердили возможность практического использования разработанной методики для оценки человеческого капитала региона, позволяющей оценить его состояние и выявить ключевые направления развития.

Ключевые слова: человеческий капитал, цифровая экономика, оценка человеческого капитала, структура человеческого капитала, экономическая система, методика оценки человеческого капитала региона

Human integral assessment methodology capital of the region

Nadezhda A Serebryakova ¹	nadserebryakova@mail.ru	 0000-0002-2952-9567
Svetlana A Volkova ²	svetlan_volkova@mail.ru	 0000-0001-5791-5912
Tatyana A Volkova ³	volkovata14@mail.ru	 0000-0002-2410-6585

1 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

2 Voronezh State Technical University, Moscow av., 179, Voronezh, Russia

3 Russian Economic University GV Plekhanov (Voronezh branch), Karl Marx str., 67a, Voronezh, Russia

Abstract. A methodology has been developed for assessing the region's human capital based on the calculation of an integral indicator. The modern economic development trends, expressed in the activation of digitalization processes, are considered. The place of the Voronezh region in terms of digitalization among other regions is determined. The region occupies a leading position among the studied areas, but at the same time, further development in the direction of digitalization is necessary, since the region has the resources for higher rates of digitalization in the long term. Under the assumption that human capital plays a key role in the process of transformation of the modern economic system of the region, the authors propose a system of indicators for an integrated assessment of the human capital of the region. Indicators are united in enlarged groups (demographic, labor and educational, research, sociocultural). To calculate the integral indicator of the state of human capital in the region, the coefficients of significance of each of its components are determined. Significance factors were established using an expert method. Next, we calculated the weighted indicators for assessing the components of the region's human capital and the integral indicator. The calculations made it possible to determine the key components in the structure of indicators of human capital: labor and educational, which made it possible to orient the directions of development of human capital in the regions. Particular attention is paid to the development of the innovation sphere, which cannot be realized without the development of human capital. The results of empirical studies have confirmed the possibility of practical use of the developed methodology for assessing the human capital of the region, allowing to assess its condition and identify key areas of development.

Keywords: human capital, digital economy, evaluation of human capital, structure of human capital, economic system, methodology for assessing the human capital of a region

Для цитирования

Серебрякова Н.А., Волкова С.А., Волкова Т.А. Методика интегральной оценки человеческого капитала региона // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 375–380. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-375-380

For citation

Serebryakova N.A., Volkova S.A., Volkova T.A. Human integral assessment methodology capital of the region. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 375–380. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-375-380

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Современное экономическое развитие РФ происходит при широкомасштабном внедрении цифровых технологий во все сферы жизни и деятельности общества. Это во многом обусловлено переходом экономической системы к новому технологическому укладу. В 2017 г. была утверждена национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации»,

куда вошли ряд федеральных проектов: нормативное регулирование цифровой среды; информационная инфраструктура; кадры для цифровой экономики; информационная безопасность; цифровые технологии; цифровое государственное управление [9]. Масштабы реализации национальной программы позволяют оценить исследования Высшей школы экономики [5] (рисунок 1).

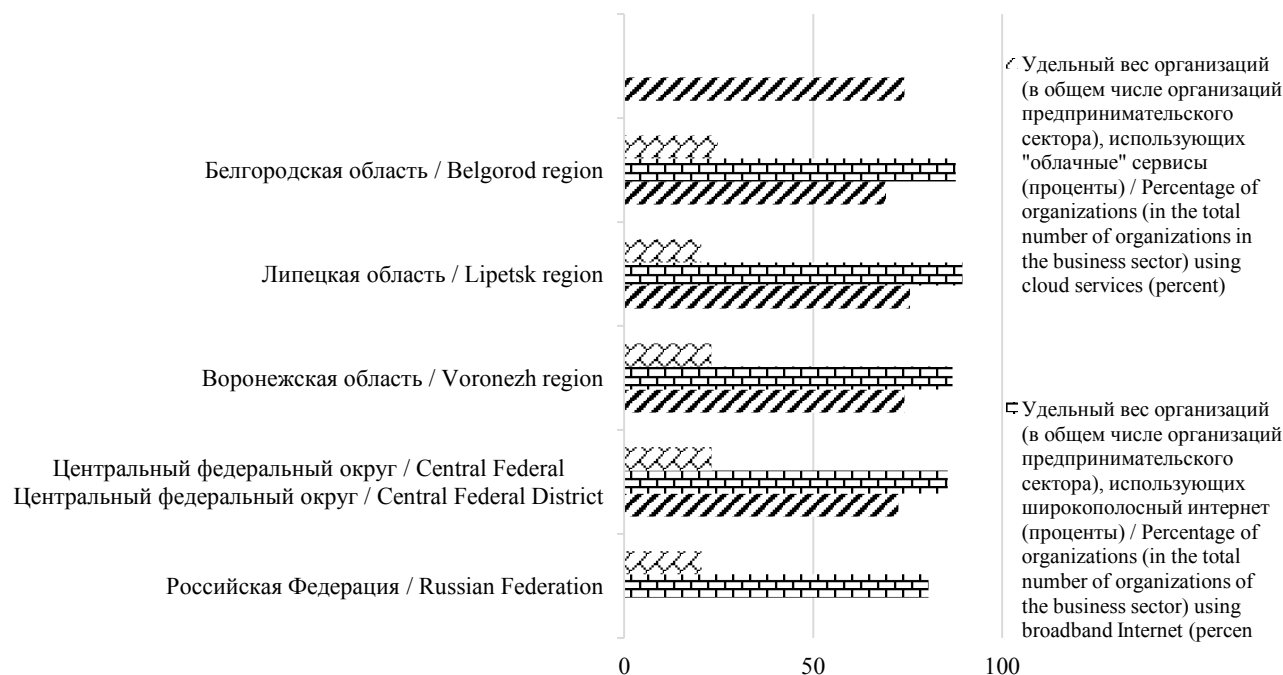


Рисунок 1. Развитие цифровизации в Российской Федерации и регионах [10]

Figure 1. Development of digitalization in the Russian Federation and regions [10]

Как видим, Воронежская область по представленным показателям (удельный вес организаций (в общем числе организаций предпринимательского сектора), использующих «облачные» сервисы; удельный вес организаций (в общем числе организаций предпринимательского сектора), использующих широкополосный Интернет, удельный вес домашних хозяйств, имеющих широкополосный доступ к Интернету, в общем числе домашних хозяйств) находится на уровне показателей Центрального федерального округа.

Если рассматривать место Воронежской области среди субъектов РФ, то по показателю «удельный вес домашних хозяйств, имеющих широкополосный доступ к Интернету, в общем числе домашних хозяйств» область находится на 23–24-й позиции в 2017 г., по показателю «удельный вес организаций (в общем числе организаций предпринимательского сектора), использующих «облачные» сервисы» занимает 22-ю позицию, по показателю «удельный вес

организаций (в общем числе организаций предпринимательского сектора), использующих широкополосный Интернет» – 23-ю позицию, что позволяет судить о том, что цифровизация области проходит более высокими темпами, чем в среднем по РФ.

Обсуждение

Темпы цифровизации экономики и развития экономической системы в целом зависят от уровня развития человеческого капитала. К оценке человеческого капитала региона существует ряд подходов как отечественных ученых [2, 4, 6, 11, 12], так и зарубежных исследователей [8, 13], каждый из которых предполагает использование своего инструментария оценки. В настоящем исследовании предложена методика комплексной оценки человеческого капитала региона. Предлагаемые индикаторы оценки сгруппированы в укрупненные составляющие человеческого капитала: демографическую, трудовую и образовательную, научно-исследовательскую и социокультурную (таблица 1).

Таблица 1.
Структура индикаторов оценки состояния человеческого капитала региона [1, 3, 7, 10]

Table 1.
Structure of indicators for assessing the state of human capital in the region [1, 3, 7, 10]

Составляющая человеческого капитала Component of human capital	Наименование индикатора оценки состояния человеческого капитала Name of the indicator for assessing the state of human capital	Воронежская область Voronezh region	Белгородская область Belgorod region	Липецкая область Lipetsk region	Российская Федерация Russian Federation
Демографическая Qд Demographic Qd	Ожидаемая продолжительность жизни при рождении по отношению к уровню в среднем по стране (K1) Life expectancy at birth in relation to the national average (K1)				
	Коэффициент естественного прироста населения (K2) The rate of natural population growth (K2)	1,004	1,01	0,996	1
	Доля населения моложе трудоспособного возраста в общей численности населения (K3) The proportion of the population younger than working age in the total population (K3)	-5,5	-4,3	-5,0	-1,6
	Коэффициент младенческой смертности (K4) Infant mortality rate (K4)	0,16	0,12	0,17	0,14
		4,5	5,4	3,2	5,1
Трудовая и образовательная Qт Labor and educational Qt	Уровень участия в рабочей силе населения в возрасте 15 лет и старше (K5) Level of participation in the workforce of the population aged 15 and over (K5)				
	Уровень безработицы (K6) Unemployment rate (K6)				
	Доля численности ученых, имеющих ученую степень, в общей численности занятых (K7) The proportion of scientists with a degree in the total number of employees (K7)	0,59	0,63	0,61	0,62
	Удельная численность студентов высших учебных заведений в расчете на 10000 населения (K8) The specific number of students of higher educational institutions per 10000 population (K8)	0,04	0,04	0,03	0,05
		0,08	0,05	0,04	0,14
	Удельная численность студентов высших учебных заведений в расчете на 10000 населения (K8) The specific number of students of higher educational institutions per 10000 population (K8)	0,04	0,03	0,02	0,03
	Внутренние затраты на исследования и разработки в общем объеме ВРП (K9) Internal costs of research and development in the total volume of GRP (K9)	0,93	0,27	0,10	1,37
Научно-исследовательская Qни Research Qni	Удельный вес выданных патентов на интеллектуальную собственность в общем объеме выданных патентов в ЦФО (K10) Share of issued patents for intellectual property in the total volume of patents granted in the Central Federal District (K10)				
	Удельный объем инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме ВРП (БВП) (K11) Specific volume of innovative goods, works, services in the total volume of GRP (GDP) (K11)	0,74	0,34	0,68	-
	Удельный вес затрат на технологические инновации в общем объеме ВРП (БВП) (K12) The share of technological innovation costs in the total volume of GRP (GDP) (K12)	0,04	0,18	0,13	0,06
	Удельный вес созданных передовых технологий в общем объеме созданных технологий в ЦФО (K13) Percentage of created advanced technologies in the total volume of created technologies in the Central Federal District (K13)	0,01	0,03	0,02	0,02
		0,05	0,11	0,009	-
Социокультурная Qс Sociocultural Qc	Обеспеченность населения культурно-досуговыми учреждениями (K14) Provision of population with cultural and leisure facilities (K14)	0,33	0,41	0,44	-
	Доходы населения по отношению к прожиточному минимуму (K15) Incomes of the population in relation to the living wage (K15)	3,49	3,54	3,43	3,23

Компоненты оценки состояния человеческого капитала региона следует рассматривать в системе, что дает интегральную оценку человеческого капитала. Для расчета интегрального показателя состояния человеческого капитала

региона необходимо определить коэффициенты значимости каждого из его индикаторов. Коэффициенты определяются посредством установления приоритетов экспертным методом (таблица 2).

Таблица 2.

Коэффициенты значимости компонентов и составляющих человеческого капитала региона

Table 2.

The coefficients of significance of the components and components of human capital in the region

Наименование составляющей человеческого капитала Component of human capital	Наименование индикатора оценки состояния человеческого капитала Name of the indicator for assessing the state of human capital	Вес составляющей человеческого капитала The weight of human capital	Вес индикатора Indicator weight
Демографическая Qd Demographic Qd	Ожидаемая продолжительность жизни при рождении по отношению к уровню в среднем по стране (K1) Life expectancy at birth in relation to the national average (K1) Коэффициент естественного прироста населения (K2) The rate of natural population growth (K2) Доля населения моложе трудоспособного возраста в общей численности населения (K3) The proportion of the population younger than working age in the total population (K3) Коэффициент младенческой смертности (K4) Infant mortality rate (K4)	0,20	0,25 0,25 0,25 0,25
Трудовая и образовательная Qt Labor and educational Qt	Уровень участия в рабочей силе населения в возрасте 15 лет и старше (K5) Level of participation in the workforce of the population aged 15 and over (K5) Уровень безработицы (K6) Unemployment rate (K6) Доля численности ученых, имеющих ученую степень, в общей численности занятых (K7) The proportion of scientists with a degree in the total number of employees (K7) Удельная численность студентов высших учебных заведений в расчете на 10000 населения (K8) The specific number of students of higher educational institutions per 10,000 population (K8) Внутренние затраты на исследования и разработки в общем объеме ВРП (K9) Internal costs of research and development in the total volume of GRP (K9)	0,32	0,20 0,20 0,20 0,20 0,20
Научно-исследовательская Qни Research Qни	Удельный вес выданных патентов на интеллектуальную собственность в общем объеме выданных патентов в ЦФО (K10) Share of issued patents for intellectual property in the total volume of patents granted in the Central Federal District (K10) Удельный объем инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме ВРП (ВВП) (K11) Specific volume of innovative goods, works, services in the total volume of GRP (GDP) (K11) Удельный вес затрат на технологические инновации в общем объеме ВРП (ВВП) (K12) The share of technological innovation costs in the total volume of GRP (GDP) (K12) Удельный вес созданных передовых технологий в общем объеме созданных технологий в ЦФО (K13) Percentage of created advanced technologies in the total volume of created technologies in the Central Federal District (K13)	0,30	0,25 0,25 0,25 0,25
Социокультурная Qc Sociocultural Qc	Обеспеченность населения культурно-досуговыми учреждениями (K14) Provision of population with cultural and leisure facilities (K14) Доходы населения по отношению к прожиточному минимуму (K15) Incomes of the population in relation to the living wage (K15)	0,18	0,5 0,5

Вес каждого индикатора определяется по формуле

$$K_i = 1 / K_{nj},$$

где K_{nj} – число индикаторов, входящих в составляющую Q_j .

Интегральный показатель человеческого капитала региона определяется по формуле

$$R = 0,20 Q_d + 0,32 Q_m + 0,30 Q_{ни} + 0,18 Q_c$$

где R – интегральный показатель человеческого капитала региона; Q_j – взвешенные показатели оценки индикаторов человеческого капитала региона.

На основе представленной методики оценки можно получить сравнительную характеристику человеческого капитала регионов. В качестве информационной базы в данном исследовании использованы данные статистики отдельных регионов, входящих в ЦФО. Значения показателей в целях оценки были стандартизированы. Согласно методу по каждому

Ki -му показателю определяется наилучшее значение – условный эталонный показатель (Ξ_i). Исходные показатели стандартизируются в отношении соответствующего эталонного показателя по формуле

$$Kis = \Xi_i | Ki.$$

Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Интегральная оценка человеческого капитала регионов

Table 3.

Integral assessment of human capital of regions

Составляющая человеческого капитала Component of human capital	Регион Region			
	Воронежская область Voronezh region	Белгородская область Belgorod region	Липецкая область Lipetsk region	Российская Федерация Russian Federation
Демографическая Qд Demographic Qд	-0,029	0,169	-0,035	0,594
Трудовая и образовательная Qт Labor and educational Qт	0,659	0,481	0,386	0,771
Научно-исследовательская Qни Research Qни	0,556	0,865	0,636	0,543
Социокультурная Qс Sociocultural Qс	0,868	0,966	0,984	0,456
R	0,528	0,621	0,484	0,611

Заклучение

Произведенные расчеты по интегральной оценке человеческого капитала регионов позволяют сделать следующие выводы. Наиболее высокий интегральный показатель в 2018 г. в Белгородской области (0,621). Следует отметить, что чем больше отклонение интегрального показателя от единицы, тем в большей степени отстает регион от эталонного показателя. Ключевую роль в структуре индикаторов оценки играет трудовая и образовательная составляющая, далее следуют научно-исследовательская и демографическая составляющие. Социокультурная составляющая находится на четвертой позиции по степени значимости. Воронежская область с интегральным показателем 0,528 расположилась на втором месте, Липецкая область (0,484) – на третьем месте среди исследуемых регионов.

Обращает на себя внимание тот факт, что Воронежская область заметно отстает от приведенных соседних регионов по таким индикаторам, как удельный вес выданных патентов на интеллектуальную собственность в общем объеме выданных патентов в ЦФО, удельный объем инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме ВРП, удельный вес затрат на технологические инновации в общем объеме ВРП и другим. В этой связи считаем, что для дальнейшей цифровизации экономики региона крайне важно уделять внимание развитию человеческого капитала, поскольку он определяет во многом эффективное развитие экономики. Необходимо наращивать объемы инновационной деятельности в регионе за счет дальнейшего стимулирования научно-исследовательских работ как на федеральном, так и на региональном и местном уровне.

Литература

- 1 Белгородская область в цифрах. 2019: крат. стат. сб. Белгород, 2019. 252 с.
- 2 Волкова С.А. Оценка качества жизни населения Воронежской области // Экономинфо. 2014. № 22. С. 52–55.
- 3 Воронежская область в цифрах. 2019: стат. сб. Воронеж, 2019. 84 с.
- 4 Грацинская Г.В., Погосян Т.Р. Проблемы оценки человеческого капитала // Журнал правовых и экономических исследований. 2013. № 3. С. 72–75.
- 5 Абдрахманова Г.И., Вишневский К.О., Волкова Г.Л., Гохберг Л.М. и др. Индикаторы цифровой экономики: 2018. Индикаторы цифровой экономики: 2018: статистический сборник. М.: НИУ ВШЭ, 2018. 268 с.
- 6 Каппушева А.Р. Тенденции развития человеческого капитала в регионах России // Фундаментальные исследования. 2017. № 9–1. С. 184–188.
- 7 Липецкая область в цифрах. 2019: крат. стат. сб. Липецк, 2019. 205 с.
- 8 Martin B.C., McNally J.J., Kay M.J. Examining the formation of human capital in entrepreneurship: A meta-analysis of entrepreneurship education outcomes // Journal of Business Venturing. 2013. V. 28. № 2. P. 211–224.
- 9 Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации». URL: <http://government.ru/rugovclassifier/614/events>
- 10 Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://www.gks.ru/>
- 11 Петрыкина И.Н. Оценка состояния и динамики развития человеческого капитала регионов центрального федерального округа // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2012. № 1. С. 65–71.

- 12 Серебрякова Н.А., Волкова С.А., Шендрикова О.О., Волкова Т.А. Роль человеческого капитала в современной экономике и показатели ее оценки // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 4 (74). С. 253–259.
- 13 Fitzsimons P. Human capital theory and education // Encyclopedia of educational philosophy and theory. 2015. P. 1–4.

References

- 1 Belgorod region in numbers. 2019: brief statistical compilation. Belgorod, 2019. 252 p. (in Russian).
- 2 Volkova S.A. Assessment of the quality of life of the population of the Voronezh region. Econoinfo. 2014. no. 22. pp. 52–55. (in Russian).
- 3 Voronezh region in numbers. 2019: statistical compilation. Voronezh, 2019. 84 p. (in Russian).
- 4 Gracinskaya G.V., Poghosyan T.R. Problems of human capital assessment. Journal of legal and economic studies. 2013. no. 3. pp. 72–75. (in Russian).
- 5 Abdrakhmanova G.I., Vishnevsky K.O., Volkova G.L., Gokhberg L.M. et al. Indicators of the digital economy: 2018. Indicators of the digital economy: 2018: statistical compilation. Moscow, National Research University Higher School of Economics, 2018. 268 p. (in Russian).
- 6 Kappusheva A.R. Trends in the development of human capital in the regions of Russia. Fundamental research. 2017. no. 9–1. pp. 184–188. (in Russian).
- 7 Lipetsk region in numbers. 2019: statistical compilation. Lipetsk, 2019. 205 p. (in Russian).
- 8 Martin B.C., McNally J.J., Kay M.J. Examining the formation of human capital in entrepreneurship: A meta-analysis of entrepreneurship education outcomes. Journal of Business Venturing. 2013. vol. 28. no. 2. pp. 211–224.
- 9 National program “Digital Economy of the Russian Federation”. Available at: <http://government.ru/rugovclassifier/614/events/> (in Russian).
- 10 The official website of the Federal State Statistics Service. Available at: <https://www.gks.ru/> (in Russian).
- 11 Petrykina I.N. Assessment of the state and dynamics of human capital development in the regions of the central federal district. Bulletin of Voronezh State University. Series: Economics and Management. 2012. no. 1. pp. 65–71. (in Russian).
- 12 Serebryakova N.A., Volkova S.A., Shendrikova O.O., Volkova T.A. The role of human capital in the modern economy and indicators of its evaluation. Proceedings of VSUET. 2017. vol. 79. no. 4 (74). pp. 253–259. (in Russian).
- 13 Fitzsimons P. Human capital theory and education. Encyclopedia of educational philosophy and theory. 2015. pp. 1–4.

Сведения об авторах

Надежда А Серебрякова д.э.н., профессор, кафедра теории экономики и учетной политики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, nadserebryakova@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2952-9567>

Светлана А Волкова к.э.н. доцент, кафедра экономики и управления на предприятии машиностроения, Воронежский государственный технический университет, Московский пр-т, 179, г. Воронеж, Россия, svetlan_volkova@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5791-5912>

Татьяна А Волкова к.э.н. доцент, кафедра экономики и экономической безопасности, Российский экономический университет им ГВ Плеханова (Воронежский филиал), Московский пр-т, 179, г. Воронеж, Россия, volkovata14@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2410-6585>

Вклад авторов

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

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Nadezhda A Serebryakova Dr. Sci. (Econ.), professor, theory of economics and accounting politics department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, nadserebryakova@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2952-9567>

Svetlana A Volkova Cand. Sci. (Econ) professor, economics and management at the enterprise of mechanical engineering department, Voronezh State Technical University, Moscow av., 179, Voronezh, Russia, svetlan_volkova@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5791-5912>

Tatyana A Volkova Cand. Sci. (Econ) professor, economics and economic security department, Russian Economic University GV Plekhanov (Voronezh branch), Karl Marx str., 67a, Voronezh, Russia, volkovata14@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2410-6585>

Contribution

Authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 31/07/2019	После редакции 09/08/2019	Принята в печать 22/08/2019
Received 31/07/2019	Accepted in revised 09/08/2019	Accepted 22/08/2019

Требования к оформлению материалов для журнала «Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий»

Редакция просит авторов в подготовке рукописей руководствоваться изложенными ниже правилами. Рукописи, оформленные без соблюдения данных правил, редакцией рассматриваться не будут.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РУКОПИСЕЙ И ЗАЯВЛЕНИЕ НА РАССМОТРЕНИЕ

Представление рукописи в журнал «ВЕСТНИК ВГУИТ» для печати предполагает, что:

- 1) описанная в ней работа ранее не была опубликована;

- 2) она не рассматривается для публикации в ином издательстве;

- 3) ее публикация была одобрена всеми авторами и так или иначе взаимосвязанными организациями, в которых эта работа проводилась;

- 4) в случае принятия к публикации эта статья не будет опубликована где-либо еще в той же форме, на английском или на любом другом языке, в том числе и в электронном виде.

Представление статьи проводят через официальный сайт издания путем прохождения регистрации (<http://www.vestnik-vsu.ru/vguit/user/register>).

В состав электронной версии статьи должны входить:

1. Рукопись статьи оформленная строго в шаблоне редакции в формате Word 2007–2016. Word 2003 – **НЕ Принимается**
2. табличный материал в виде отдельного файла (**только при условии** когда объем одной таблицы превышает полную страницу журнальной статьи)
3. иллюстрации **в исходном формате данных с возможностью редактирования (программах для черчения/рисования/создания диаграмм и прочее, ТО ЕСТЬ НЕ сохранен в формате с потерей качества)** предпочтение, при этом отдается векторным форматам: **eps, svg, ai, pdf**, растровый формат изображений (с сжатием): форматы **png, jpeg и пр.** не прикреплять. Минимальное разрешение рисунков и графиков **600 dpi**. Это требование необходимо для повышения типографского качества печатной версии издания.

Если авторов несколько, то необходимо указать автора, которому будет адресована корреспонденция, и его контактные данные: адрес, номер телефона/факса, а также адреса электронной почты всех авторов.

ВНИМАНИЕ: Авторы несут полную ответственность за достоверность и оригинальность информации, предоставленной в рукописи. Все рукописи проходят проверку на наличие заимствований в системе «Антиплагиат». Оригинальность рукописи должна быть не менее 80%, в противном случае рукопись будет возвращена без права опубликования. При обнаружении нарушения авторских прав или плагиата будет проведена ретракция опубликованных статей в соответствии с правилами COPE.

ОФОРМЛЕНИЕ СТАТЫ

Статьи в журнале «ВЕСТНИК ВГУИТ» издаются на русском языке с реферат на английском языке. По согласованию с редакцией допускается публикация статьи и на английском языке.

Вся статья (текст, таблицы, примечания, заголовки, иностранные вставки, список литературы, подписи и др.) набирается на компьютере в соответствии со стилями форматирования **шаблона журнала для MS Word 2007-2016**.

Версия статьи выполненная средствами MS Word 2003 **НЕ принимаются**.

Объем статьи, включая список литературы и подписи, не должен превышать: для работ, имеющих общее значение 5–20 страниц текста, для кратких сообщений до 3 стр.

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ СТАТЬИ

I. ОСНОВНОЙ ТЕКСТ СТАТЬИ

Рукописи оригинальных исследований представляются по общепринятой международной схеме (IMRAD format - Introduction, Methods, Results and Discussion) и в статье должны найти отражение следующие рубрики:

Введение - кратко излагается современное состояние вопроса и обосновывается актуальность исследования. Дается критическая оценка литературы, имеющей отношение к рассматриваемой проблеме. Данная оценка разграничивает нерешенные вопросы. Ставятся четко сформулированные цели и задачи, поясняющие дальнейшее исследование в конкретной области;

Материалы и методы - дается достаточно подробное описание работы, для ее возможного воспроизведения. Методы, опубликованные ранее, должны сопровождаться ссылками: автором описываются только относящиеся к теме изменения.

Результаты - описываются в логической последовательности в виде отдельных фрагментов, разделенных подзаголовками, без элементов обсуждения, без повторения методических подробностей, без дублирования цифровых данных, приведенных в таблицах и рисунках.

Обсуждение - в разделе проводится детальный анализ полученных данных в сопоставлении с данными литературы, что служит обоснованием выводов и заключений авторов.

Заключение - подводятся основные итоги работы, приводятся рекомендации и указание на дальнейшие возможные направления исследований.

Для обзорных статей должны быть указаны *Введение* и в соответствии со стандартом PRISMA указать стратегию поиска литературы (<http://www.prisma-statement.org>).

Таблицы объема больше одной страницы указывать как Приложение в виде отдельного файла, так как они не будут опубликованы в печатной версии, а будут прикладываться в виде отдельного файла к электронной версии.

Названия и содержание рисунков (все подписи внутри) и таблиц (столбцов и строк) должны быть приведены как на русском, так и на английском языках.

Графический материал представляется в исходном формате данных с возможностью редактирования (программах для черчения/рисования/создания диаграмм и прочее, ТО ЕСТЬ НЕ сохранен в формате с потерей качества) предпочтение, при этом отдается векторным форматам: eps, svg, ai, pdf, исключение фотографии в растровом формате (с сжатием): png, jpeg и пр. Минимальное разрешение рисунков и графиков 600 dpi.

Файлы Excel -- внедрены в текст статьи, с возможностью редактирования.

II. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

Список литературы оформляется согласно Приложению 1, 2.

Цитируемая литература должна содержать не менее 10 источников, и не менее 5 ссылок на иностранные источники. В списке литературы должны быть опубликованы работы за последние пять лет, в том числе в журналах, индексируемых в базах данных *ScienceDirect*, *Web of Science*, *Scopus*, *Science Index*. Лишь в случае необходимости допустимы ссылки на более ранние труды. Справочная литература не старше 10 лет.

В список литературы **НЕ включаются** учебные пособия, нормативные и архивные материалы, статистические сборники, газетные заметки без указания автора, монографии, авторефераты и диссертации. В цитируемой литературе желательно указывать источники с DOI.

Вместо ссылок на материалы диссертаций и авторефератов диссертаций, рекомендуется ссылаться на оригинальные статьи по теме диссертационной работы, так как сами диссертации рассматриваются как рукописи и не являются печатными источниками.

Самоцитирование **НЕ более 2-х** ссылок.

Приветствуется подача статей онлайн! Адрес: <http://vestnik.vsu.ru/>

III. ПУБЛИКАЦИОННАЯ ЭТИКА

Статьи, принимаемые к публикации в журнале «ВЕСТНИК ВГУИТ», должны излагать наиболее существенные, законченные и еще ранее неопубликованные результаты научных исследований.

О публикационной этике и этических нормах для публикации в журнале «ВЕСТНИК ВГУИТ» см.: <http://www.vestnik-vsuet.ru/vguit/about/editorialPolicies#custom-2>

Журнал «Вестник ВГУИТ» выходит 4 раза в год: № 1 – март; № 2 – июнь; № 3 – сентябрь; № 4 – декабрь.

Статья должна быть тщательно проверена и подписана всеми авторами.

К статье должны прилагаться сопроводительные документы:

- сопроводительное письмо;
- экспертное заключение;
- положительная рецензия ведущего ученого в данной области или члена редакционной коллегии серии, заверенная подписью и печатью.

Вопрос об опубликовании статьи, ее отклонении решает редакционная коллегия журнала и ее решение является окончательным. В случае возвращения статьи для исправления датой представления считается день получения исправленного текста. Срок доработки - не более 1 месяца.

Материалы, не соответствующие данным требованиям оформления, к публикации не принимаются. Рукописи авторам не возвращаются.

Плата с аспирантов и докторантов за публикацию рукописей не взимается.

IV. КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Информацию о стоимости публикации можно узнать в редакции журнала. Также редакция оказывает платные услуги профессионального перевода реферата и ключевых слов на английский язык.

По всем интересующим Вас вопросам обращаться в редакцию журнала по контактам:

Дерканосова Анна Александровна - кандидат технических наук, доцент кафедры Сервиса и ресторанного бизнеса, начальник Центра коллективного пользования «Контроль и управления энергоэффективными проектами»

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Телефон: 8 920 432 16 57

E-mail: post@vestnik-vsuet.ru, aa-derk@yandex.ru

Адрес 394000, г. Воронеж, пр. Революции, 19, ауд. 11.

Соответствие рубрик/разделов журнала Вестник ВГУИТ

Номенклатуре научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени.

1.1 Процессы и аппараты пищевых производств

1.2 Пищевая биотехнология

- **05.18.01** Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства
- **05.18.04** Технология мясных молочных и рыбных продуктов и холодильных производств
- **05.18.05** Технология сахара и сахаристых продуктов чая табака и субтропических культур
- **05.18.06** Технология жиров эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов
- **05.18.07** Биотехнология пищевых продуктов и биологически активных веществ
- **05.18.12** Процессы и аппараты пищевых производств
- **05.18.15** Товароведение пищевых продуктов и технология общественного питания

2. Химическая технология

- **05.17.01** Технология неорганических веществ
- **05.17.04** Технология органических веществ
- **05.17.06** Технология и переработка полимеров и композитов
- **05.17.07** Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- **05.17.08** Процессы и аппараты химических технологий

3. Экономика и управление

- **08.00.05** Экономика и управление народным хозяйством

ПОРЯДОК ОПИСАНИЯ ССЫЛОК НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

СТАТЬЯ В ЖУРНАЛЕ:

(кол-во авторов от 1 до 4):

Буянова И.В., Имангалиева Ж.К. Агрегат для тонкого измельчения творога // Вестник Международной академии холода. 2016. № 3. С. 23–26.

(кол-во авторов более 4):

Семенов Е.В., Бабакин Б.С., Воронин М.И., Белозёров А.Г. и др. Математическое моделирование процесса охлаждения хладоносителя системой замороженных шаров // Вестник Международной академии холода. 2016. № 4. С. 74–79.

СТАТЬЯ В ЖУРНАЛЕ С DOI:

(кол-во авторов от 1 до 4):

Илюхина Н.В., Колоколова А.Ю. Закономерности ингибирования культуры *Salmonella* // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 4. С. 209–212. doi: 10.20914/2310-1202-2018-4-209-212

(кол-во авторов более 4):

Шарова Н.Ю., Принцева А.А., Манжиева Б.С., Выборнова Т.В. и др. Ферменты гидролитического действия в технологиях переработки некондиционного крахмалсодержащего сырья // Пищевая промышленность. 2019. № 4. С. 115–117. doi: 10.24411/0235-2486-2019-10058

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ:

Содержание и технологии образования взрослых: проблема опережающего образования: сб. науч. тр. / Институт образования взрослых Рос. акад. образования; под ред. А.Е. Марона. М.: ИОВ, 2007. 118 с.

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ, ФОРУМОВ, СОВЕЩАНИЙ, СЕМИНАРОВ:

Цветкова И.И., Сводцева И.А. Индикаторный подход к оценке кадровой безопасности в системе экономической безопасности предприятия // Устойчивое развитие социально-экономической системы Российской Федерации: мат. XVII науч.-практ. конф., Гурзуф, Ялта, 04 декабря 2015 г. Симферополь: Ариал, 2016. С. 110–112.

КНИГА, МОНОГРАФИЯ:

(кол-во авторов от 1 до 4):

Румянцева З.П. Менеджмент организаций. М.: Инфра-М, 2015. 432 с.

(кол-во авторов более 4):

Антипова Л.В., Сторублевцев С.А., Успенская М.Е., Попова Я.А. и др. Комплексная переработка кроликов: традиции и инновации: монография. Воронеж, 2017. 377 с.

ДИССЕРТАЦИЯ

Пономаренко Ю.А. Нетрадиционные корма и биологически активные вещества в рационах цыплят-бройлеров и кур-несушек: дис... д-ра с.-х. наук. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2017. 437 с.

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ:

Ушакова А.С. Разработка комплексной технологии переработки сушеного плодово-ягодного сырья: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Кемерово: Кемер. технол. ин-т пищевой пром., 2017. 22 с.

НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ:

порядок описания:

Заглавие официального документа: сведения, относящиеся к заглавию (указ, постановление), Дата принятия документа / Название издания. Год издания. Количество страниц.

пример:

ГОСТ 5900–2014. Изделия кондитерские. Определение массовой доли влаги и сухих веществ. М.: Стандартинформ, 2015. 8 с.

ПАТЕНТ:

порядок описания:

Обозначение вида документа, номер, название страны, индекс международной классификации изобретений. Название изобретения / И.О.Фамилия изобретателя, заявителя, патентовладельца; Наименование учреждения-заявителя. Регистрационный номер заявки; Дата подачи; Дата публикации, сведения о публикуемом документе.

пример:

Пат. № 2689672, RU, A23L 5/00. Способ комплексной переработки семян сои с выделением белоксодержащих фракций / Четверикова И.В., Шевцов А.А., Ткач В.В., Сердюкова Н.А. № 2018107149; Заявл. 26.02.2018; Оpubл. 01.07.2019. Бюл. № 19.

ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС:

порядок описания:

Фамилия И.О. автора (если указаны). Название ресурса. Место издания: Издательство, год издания (если указаны). Адрес локального сетевого ресурса.

пример:

Липидус Л.В. Центр компетенций цифровой экономики. Ассоциация граждан и организаций по содействию развитию корпоративного образования. URL: <http://www.makonews.ru/centr-kompetencij-cifrovoj-ekonomiki/>

ПОРЯДОК ОПИСАНИЯ ССЫЛОК НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ:

СТАТЬЯ ИЗ ЖУРНАЛА:

порядок описания:

Фамилия И.О. автора (транслитерация). Перевод названия статьи на английский. Перевод названия источника на английский язык. Год, том, номер, страницы (от-до). Указание на язык статьи (in Russian) после описания статьи.

пример:

(кол-во авторов от 1 до 4):

Buyanova I.V., Imangalieva Zh.K. A unit for fine grinding of cottage cheese. Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2016. no. 3. pp. 23–26. (in Russian).

(кол-во авторов более 4):

Semenov E.V., Babakin B.S., Voronin M.I., Belozerov A.G. et al. Mathematical modeling of the process of cooling a coolant with a system of frozen balls. Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2016. no. 4. pp. 74–79. (in Russian).

СТАТЬЯ С DOI:

(кол-во авторов от 1 до 4):

Iyukhina N.V., Kolokolova A.Yu. Patterns of Inhibition of Salmonella Culture. Bulletin of the Voronezh State University. 2018. vol. 80. no. 4. pp. 209–212. doi: 10.20914 / 2310-1202-2018-4-209-212 (in Russian).

(кол-во авторов более 4):

Sharova N.Yu., Printseva A.A., Manzhieva B.S., Vybornova T.V. et al. Hydrolytic enzymes in the processing of substandard starch-containing raw materials. Food Industry. 2019. no. 4. pp. 115–117. doi: 10.24411/0235-2486-2019-10058 (in Russian).

СТАТЬЯ ИЗ ЭЛЕКТРОННОГО ЖУРНАЛА:

Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. Journal of Computer Mediated Communication. 1999. vol. 5. no. 2. Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/>

СТАТЬЯ ИЗ ПРОДОЛЖАЮЩЕГОСЯ ИЗДАНИЯ (СБОРНИКА ТРУДОВ):

Astakhov M.V., Tagantsev T.V. Experimental study of the strength of joints “steel-composite”. Proc. of the Bauman MSTU “Mathematical Modeling of Complex Technical Systems”. 2006. no. 593. pp. 125–130. (in Russian).

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ:

Tsvetkova I.I., Svodtseva I.A. An indicator approach to the assessment of personnel security in the system of economic security of an enterprise. Sustainable development of the socio-economic system of the Russian Federation. Simferopol, Arial, 2016. pp. 110–112. (in Russian).

КНИГИ (МОНОГРАФИИ, СБОРНИКИ):

(кол-во авторов от 1 до 4):

Rumyantseva Z.P. Management of organizations: a monograph. Moscow, Infra-M, 2015. 432 p. (in Russian).

(кол-во авторов более 4):

Antipova L.V., Storublevtsev S.A., Uspenskaya M.E., Popova Ya.A. et al. Complex processing of rabbits: traditions and innovations: a monograph. Voronezh, 2017. 377 p. (in Russian).

ДИССЕРТАЦИЯ ИЛИ АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ:

Ushakova A.S. Development of a comprehensive technology for processing dried fruit and berry raw materials. Kemerovo, Kemer. Technol. Institute of Food Industry, 2017. 22 p. (in Russian).

ГОСТ:

State Standard 5900–2014. Confectionery products. Determination of the mass fraction of moisture and dry matter. Moscow, Standartinform, 2015. 8 p. (in Russian).

ПАТЕНТ:

Chetverikova I.V., Shevtsov A.A., Tkach V.V., Serdyukova N.A. The method of complex processing of soybean seeds with the allocation of protein-containing fractions. Patent RF, no. 2689672, 2019.

ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС:

Lapidus L.V. Center of competence of digital economy. Association of citizens and organizations for the development of corporate education. Available at: <http://www.makonews.ru/centr-kompetencij-cifrovoj-ekonomiki/> (in Russian).

List of requirements of drawing up materials in «Proceedings of the Voronezh state university of engineering technologies»

Editorial Board asks the authors to stick to the following rules in writing the papers, otherwise they may be rejected. Submitting the manuscripts for the review.

Submitting the article for publication in the journal "Proceedings of the VSUET" includes: the paper has not been previously published; it is not being considered for publication in another publishing house; its publication has been approved by all authors and interlinked organizations in which this work was carried out; in case of the approval for publication the paper will not be published elsewhere in the same form, in English or any other language, including electronic form.

Submission form (application) for the publication of an article in a journal, filled up in accordance with the rules, should be sent to the following address: **19, Revolution av., 11 Voronezh 394000 Russia** and the electronic version of the paper with an attached manuscript file to an e-mail address vestnikvgta@mail.ru. Should specify the name of the first author of the article in the subject.

The electronic version of the paper should include: a file containing the text of the article, illustrations, tabular material in a separate file (if the amount of one table exceeds full page) and illustration (files in original format), preference is given to vector formats: eps, svg, ai, pdf.

If there are several authors, you must specify contact details of the authors to whom correspondence shall be addressed: address, phone / fax numbers and e-mail addresses.

The manuscript must be accompanied by a review from a specialist in this field, certified by signature and stamp.

Online application form is also available. The author can use the official website of the journal by completing registration at <http://www.vestnik-vsuet.ru/vguit/user/register>).

All articles received by the editorial board of the journal "Proceedings of the VSUET", are subject to mandatory unilateral anonymous ("blind") review (the authors do not know the names of reviewers of the manuscript, and will receive a letter with comments, signed by the chief editor).

After passing the review procedure and the approval of an article for publication, the authors' names and their listed order cannot be changed (addition, deletion, rearrangement). When submitting the final version of the article, please make sure that the list of authors is a complete and listed in a proper order.

ATTENTION: The author is solely responsible for the accuracy and originality of the information provided in the article. All manuscripts are checked for the presence of borrowings using "Antiplagiat" system. All manuscripts are tested with ANTIPLAGIAT for testing electronic documents for originality and reveal plagiarisms. The manuscript must comprise at least 80% of originality; otherwise the manuscript will be returned without the right to be published. Upon detection of copyright infringement or plagiarism in already published articles, they will be invalidated in accordance with the rules of COPE.

Requirements for structure of the paper

Articles in the journal "Proceedings of the VSUET" are published in Russian with English summary. In agreement with the editors, the publication may be done entirely in English.

By agreement, the editors accept publication of the article in English.

Full article (tables, text, footnotes, headers, inserts in a foreign language, references, captions, etc..) must be typed on a computer: in accordance with journal template formatting styles for MS Word 2007-2016..

The volume of the article, including references and captions must not exceed: for work of a common significance: from 5 to 20 pages, for news reports to 3 pages.

The manuscript should be structured to the following plan:

- *Type of article (original article, review article, short message or letter);*
- *UDC (Universal Decimal classification);*
- *DOI - numeric identifier (provided by the editors available for an extra fee);*
- *Full title of the article;*

- First name (full), patronymic name (initials) and surname (full) of the author (s) e-mail;
- Name of the department (for a university) / laboratory (for Scientific Research Institute), the full name of the workplace, city, country;
- Abstract;
- Keywords;
- For reference (filled automatically);
- Structured text of the article;
- Thanks / acknowledgements;
- List of resources used (bibliography);
- Information about the authors;
- Contribution;
- Conflict of interest.

The English version of the article title, first name, patronymic initial and last name of the authors, the full names of all workplaces, structured summaries and keywords must be given below a resume and keywords in Russian.

The editors reserve the right to correct the translation. It is recommended to take the help of a professional translator to avoid mistakes in compiling the English version of resume.

REQUIREMENTS TO THE CONTENT

I THE TITLE PAGE INCLUDES:

Article type

UDK

DOI:

TITLE OF THE ARTICLE. Title of work should be as short as possible (no more than 120 characters), and should accurately reflect its content. It is important to avoid titles in the form of interrogative sentences, as well as titles with an ambiguous meaning. Must use only standard abbreviations (acronyms). Must not use acronyms in the title. Full term should precede the first use of the acronym in the text.

FIRST NAME (FULL), PATRONYMIC (INITIAL) AND SURNAME (FULL) OF AUTHOR (S).

For example: **Aleksey D. Ivanov¹,**

Ivan A. Petrov²

FULL NAME OF ALL ORGANIZATIONS to which the authors are related. If the authors work in different institutions, the relationship of each author with his organization should be shown by using uppercase numbers, for example:

Example: Department (Laboratory), University (scientific research institute), city, country.

II. THE MAIN TEXT OF THE ARTICLE

The manuscripts of original research are submitted under the standard international scheme (IMRAD format - Introduction, Methods, Results and Discussion) and article should reflect the following headings:

Introduction - outlines the current state of the problem and the urgency of the study. It is necessary to give a critical assessment of the literature related to the issue. This assessment differentiates outstanding issues. Clear defined goals and objectives must be determined, explaining further research in a particular area;

Materials and methods - a fairly detailed description of the work is given. Previously published methods should be accompanied by a reference note: the author describes the changes related to the subject.

The results and discussion - the results should be clear and concise. Give a convincing explanation of the results and their significance so as the reader can not only independently assess the methodological advantages and disadvantages of the study, but also replicate if necessary.

Conclusion summarizes the main results of the research. The author gives recommendations and guidance on possible areas of further research.

The name and contents of figures and tables (rows and columns) should be given as in both Russian and English languages.

III ACKNOWLEDGEMENTS:

(when available - in Russian and English). The author should list persons, organizations, foundations, etc., who contributed help for a research, work and so on. (E.g. financial aid, language (linguistic) aid assistance in writing articles or editing proofreading , etc.)

IV. REFERENCES

Cited bibliography must contain at least 10 sources. Self-citations are allowed no more than 20 percent. At least 50 percent of the sources from the bibliography should be published in the last five years, including in the journals indexed in databases **ScienceDirect**, **Web of Science**, **Scopus**, **Science Index**. Only in case of need the references to earlier works are allowed. The bibliography does not include textbooks, regulatory and archival materials, statistical collections, newspaper notes without the author's name, monographs, abstracts and theses. In the cited literature, it is desirable to specify the sources with **DOI**.

Bibliography (list of resources) is presented in two ways:

1. *Russian along with foreign sources in accordance with GOST 7.0.5-2008 (All Union State standard).*
2. *Transliterated in the Latin alphabet with the translation of source publications into English for the international identification system.*

Style of links (references):

In the article, the number of a link is enclosed in square brackets and placed in line with the text. You can give the names of the authors, but the number(s) of the references must always be present. The reference numbers (numbers in brackets) shall be in the reference list in the order in which they appear in text.

Example:

«... as shown [3; 6] or Barnaby and Jones [8] obtained a different result ... »

The author is solely responsible for the accuracy of bibliographic sources, including the English translation.

1. Russian version - in accordance with *Appendix 1, 2*

References in the Russian version of the article are given in the original language. All references should be made uniformly: only a dot (full stop) without dashes between the parts of description. Symbols № and & are not used; for a number you should use Latin letter N with no point after it; double slash separates the description of a larger document, which refers to the fragment. You should not put dot (full stop) before the double slash // but spaces before and after the double slash // are required.

2. The English (REFERENCES) - in accordance with Harvard standard:

References in English are primarily necessary to track cited authors and journals. The correct description of the sources used in reference lists is the guarantee that the quoted publication will be taken into account when assessing the scientific work of its authors, and thus the organization, region and country. Quoting a journal determines its scientific level, the credibility, the effectiveness of its Editorial Board, etc.

The names of sources and works are specified in full, without abbreviations. The titles of monographs, collections of articles and conferences are transliterated into Latin alphabet, followed by an English translation in brackets. The website <http://www.translit.ru/> can be used for free transliteration of Russian text in Latin letters (version of BSI).

In the bibliography (**English version**), it is not allowed to use separating characters «//», «—» and «№»

Instead of references to materials of theses and abstracts, it is recommended to include references to the original articles on the subject of the thesis, as the theses themselves are viewed as the manuscripts and are not printed sources.

VI. BASIC ETHICAL PRINCIPLES

Articles accepted for publication in the journal "Proceedings of the VSUET" must reveal the most significant, complete and previously unpublished research results.

To learn more on publication ethics and ethical standards for publication in the journal "Proceedings of the VSUET" please visit the website.: <http://www.vestnik-vsuet.ru/vquit/about/editorialPolicies#custom-2>

The magazine «the Messenger ВГУИТ» leaves 4 times a year: № 1 – March; № 2 – June; № 3 – September; № 4 – December.

The article must be thoroughly checked and signed by all the authors. Name, middle name, last name, address, science degree, position, place of work, telephone number (office and home) E-mail, the person communicate to are pointed out on a separate sheet of paper.

Accompanying deeds should be applied on paper:

- The transmittal letter;
- An extract from the report of faculty meeting with paper recommendation for printing;
- The positive review of the leading scientist in the given area or a member of an editorial board of the series, authenticated by the signature and printing.

The question on paper publication, its deviation is solved by an editorial board of the log and the solution is definitive. In case of refund of paper for correction by representation date it is considered day of reception of the corrected text. Finishing term - no more than 1 month.

The materials mismatching given demands of registration, to the publication are not accepted. Manuscripts are not refunded to authors.

The pay for the publication of manuscripts is not raised from post-graduate students

VII. CONTACT INFORMATION

scientific and public journal "Proceedings of the VSUET"

If you have any questions, please contact the editorial office:

Anna A. Derkanosova - Ph.D., associate professor of department of Service and restaurant business, Head of the Centre for collective use "Control and management of energy efficient projects"

FSBEE HE "Voronezh state university of engineering technologies"

Tel.: 8 920 432 16 57

E-mail: vestnikvgta@mail.ru, aa-derk@yandex.ru

Address: 19, Revolution av., 11 Voronezh 394000 Russia

ORDER OF DESCRIPTION OF LINKS IN RUSSIAN

JOURNAL ARTICLE:

(number of authors from 1 to 4):

Buyanova I.V., Imangalieva Zh.K. A unit for fine grinding of cottage cheese // Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2016. № 3. P. 23–26.

(number of authors more than 4):

Semenov E.V., Babakin B.S., Voronin M.I., Belozarov A.G. et al. Mathematical modeling of the process of cooling a coolant with a system of frozen balls // Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2016. № 4. P. 74–79.

ARTICLE WITH DOI:

(number of authors from 1 to 4):

Ilyukhina N.V., Kolokolova A.Yu. Patterns of Inhibition of *Salmonella* Culture // Bulletin of the Voronezh State University. 2018.V. 80. № 4. P. 209–212. doi: 10.20914 / 2310-1202-2018-4-209-212

(number of authors more than 4):

Sharova N.Yu., Printseva A.A., Manzhieva B.S., Vybornova T.V. et al. Hydrolytic enzymes in the processing of substandard starch-containing raw materials // Food Industry. 2019. № 4. P. 115–117. doi: 10.24411/0235-2486-2019-10058

COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS:

The content and technology of adult education: the problem of advanced education: collection of scientific papers / Institute for Adult Education Ros. Acad. education; under the editorship of A.E. Marona. M.: JOB, 2007.118 p.

MATERIALS OF CONFERENCES, FORUMS, MEETINGS, SEMINARS:

Tsvetkova I.I., Svodtseva I.A. An indicator approach to the assessment of personnel security in the system of economic security of an enterprise // Sustainable development of the socio-economic system of the Russian Federation: mat. XVII scientific and practical. conf., Gurzuf, Yalta, December 4, 2015. Simferopol: Arial, 2016. P. 110–112.

BOOK, MONOGRAPH:

(number of authors from 1 to 4):

Rumyantseva Z.P. Management of organizations. M.: Infra-M, 2015.432 p.

(number of authors more than 4):

Antipova L.V., Storulevtsev S.A., Uspenskaya M.E., Popova Y.A. et al. Integrated processing of rabbits: traditions and innovations: a monograph. Voronezh, 2017. 377 p.

DISSERTATION:

Ponomarenko Yu.A. Unconventional feeds and biologically active substances in the diets of broilers and laying hens: dis ... Dr. S.-kh. sciences. Sergiev Posad: VNITIP, 2017.443 p.

SUMMARY OF THE DISSERTATION

Ushakova A.S. Development of a comprehensive technology for processing dried fruit and berry raw materials: abstract of the diss....cand. tech. sciences. Kemerovo: Kemer. technol. Institute of Food Industry, 2017.22 p.

REGULATORY DOCUMENTS:

description order:

Title of an official document: information related to the title (decree, resolution), Date of adoption of the document / Title of publication. The year of publishing. Number of pages.

example:

GOST 5900–2014. Confectionery. Determination of the mass fraction of moisture and solids. M.: Standartinform, 2015. 8 p.

PATENT:

description order:

Designation of the type of document, number, name of the country, index of international classification of inventions. Title of invention / name of inventor, applicant, patent holder; Name of applicant institution. Registration number of the application; Date of application; Date of publication, information about the published document.

example:

7 Pat. no. 2689672, RU, A23L 5/00. The method of complex processing of soybean seeds with the allocation of protein-containing fractions / Chetverikova I.V., Shevtsov A.A., Tkach V.V., Serdyukova N.A. no. 2018107149; Appl. 26.02.2018; Publ. 01.07.2019. Bull. Number 19.

ELECTRONIC RESOURCE:Lapidus L.V. Center of competence of digital economy. Association of citizens and organizations for the development of corporate education. URL: <http://www.makonews.ru/centr-kompetencij-cifrovoj-ekonomiki/>

ENGLISH LANGUAGE DESCRIPTION PROCEDURE:**JOURNAL ARTICLE:**

description order:

Surname I.O. author (transliteration). Translation of the title of the article into English. Translation of the source name into English. Year, volume, number, pages (from-to). An indication of the language of the article (in Russian) after the description of the article.

example:

(number of authors from 1 to 4):

Buyanova I.V., Imangalieva Zh.K. A unit for fine grinding of cottage cheese. Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2016. no. 3. pp. 23–26. (in Russian).

(number of authors more than 4):

Semenov E.V., Babakin B.S., Voronin M.I., Belozerov A.G. et al. Mathematical modeling of the process of cooling a coolant with a system of frozen balls. Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2016. no. 4. pp. 74–79. (in Russian).

ARTICLE WITH DOI:

(number of authors from 1 to 4):

Ilyukhina N.V., Kolokolova A.Yu. Patterns of Inhibition of Salmonella Culture. Bulletin of the Voronezh State University. 2018. vol. 80. no. 4. pp. 209–212. doi: 10.20914 / 2310-1202-2018-4-209-212 (in Russian).

(number of authors more than 4):

Sharova N.Yu., Printseva A.A., Manzhieva B.S., Vybornova T.V. et al. Hydrolytic enzymes in the processing of substandard starch-containing raw materials. Food Industry. 2019. no. 4. pp. 115–117. doi: 10.24411/0235-2486-2019-10058 (in Russian).

ARTICLE FROM ELECTRONIC JOURNAL:

Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. Journal of Computer Mediated Communication. 1999. vol. 5. no. 2. Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/>

ARTICLE FROM CONTINUING PUBLICATIONS (PROCEEDINGS):

Astakhov M.V., Tagantsev T.V. Experimental study of the strength of joints “steel-composite”. Proc. of the Bauman MSTU “Mathematical Modeling of Complex Technical Systems”. 2006. no. 593. pp. 125–130. (in Russian).

CONFERENCE MATERIALS:

Tsvetkova I.I., Svodtseva I.A. An indicator approach to the assessment of personnel security in the system of economic security of an enterprise. Sustainable development of the socio-economic system of the Russian Federation. Simferopol, Arial, 2016. pp. 110–112. (in Russian).

BOOK, MONOGRAPH:

(number of authors from 1 to 4):

Rumyantseva Z.P. Management of organizations: a monograph. Moscow, Infra-M, 2015. 432 p. (in Russian).

(number of authors more than 4):

Antipova L.V., Storublevtsev S.A., Uspenskaya M.E., Popova Ya.A. et al. Complex processing of rabbits: traditions and innovations: a monograph. Voronezh, 2017. 377 p. (in Russian).

DISSERTATION OR SUMMARY OF THE DISSERTATION:

Ushakova A.S. Development of a comprehensive technology for processing dried fruit and berry raw materials. Kemerovo, Kemer. Technol. Institute of Food Industry, 2017. 22 p. (in Russian).

GOST:

State Standard 5900–2014. Confectionery products. Determination of the mass fraction of moisture and dry matter. Moscow, Standartinform, 2015. 8 p. (in Russian).

PATENT:

Chetverikova I.V., Shevtsov A.A., Tkach V.V., Serdyukova N.A. The method of complex processing of soybean seeds with the allocation of protein-containing fractions. Patent RF, no. 2689672, 2019.

ELECTRONIC RESOURCE:

Lapidus L.V. Center of competence of digital economy. Association of citizens and organizations for the development of corporate education. Available at: <http://www.makonews.ru/centr-kompetencij-cifrovoj-ekonomiki/> (in Russian).